

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**EFFECTO DE LA DOSIS DE IRRADIACIÓN UV-C Y TIEMPO DE
ALMACENAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FÍSICOQUÍMICAS, RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS Y
ACEPTABILIDAD GENERAL EN UVA (*Vitis vinifera* L.) VARIEDAD RED
GLOBE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

MARGOT NATALI LEÓN CASTILLO

TRUJILLO, PERÚ

2016

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

Ing. Dr. Antonio Rodríguez Zevallos
PRESIDENTE

Ing. Ms. Luis Márquez Villacorta
SECRETARIO

Ing. Max Vásquez Senador
VOCAL

Ing. Ms. Carla Pretell Vásquez
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Fausto y Betty, a mi madrina Mamá Nelly, a mis hermanos Luis Alfredo, Armando y Patty, a quienes amo y agradezco por su apoyo y comprensión invaluable que me han brindado en este largo caminar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Ing. Carla Pretell Vásquez, por haberme permitido trabajar en esta investigación y guiarme con sus conocimientos en el desarrollo de la presente tesis.

A los miembros del jurado Ms. Luis Márquez Villacorta, Dr. Antonio Rodríguez Zevallos y Ing. Max Vásquez Senador, por los conocimientos impartidos durante la carrera profesional.

INDICE GENERAL

Pág.

Carátula	i
Aprobación por el Jurado de Tesis	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice General	v
Índice de Cuadros.....	viii
Índice de Figuras	xi
Anexos.....	xiii
Resumen	xv
Abstract	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Uva de mesa	4
2.1.1. Generalidades	4
2.1.2. Clasificación científica de la uva	5
2.1.3. Composición nutricional de la uva de mesa	5
2.1.4. Estructura del fruto de la uva	7
2.1.5. Variedades comerciales de la uva de mesa.	8
2.2. Radiación Ultravioleta	10
2.2.1. Tratamiento con radiación ultravioleta: Su uso en alimentos..	10
2.2.2. Características de la radiación ultravioleta	10
2.2.3. Ventajas de la irradiación UV-C.....	11
2.2.4. Efecto hórmino de la irradiación UV-C.....	12
2.3. Conservación en frío	13
2.4. Parámetros de calidad a evaluar en frutos frescos	14
2.4.1. Pérdida de peso	14
2.4.2. Firmeza.....	15

2.4.3. Color	15
2.4.4. Crecimiento de mohos y levaduras	15
2.4.5. Aceptabilidad general	16
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Lugar, Materia Prima y equipos e instrumentos	19
3.1.1. Lugar de ejecución	19
3.1.2. Materia prima e insumos	19
3.1.3. Equipos e instrumentos de laboratorio	19
3.2. Método experimental.....	20
3.2.1. Esquema experimental para la evaluación de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C.	20
3.3. Métodos de análisis	24
3.3.1. Pérdida de peso	24
3.3.2. Firmeza.....	24
3.3.3. Color	25
3.3.4. Recuento de mohos y levaduras	25
3.3.5. Evaluación de aceptabilidad general	25
3.4. Métodos estadísticos	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en uva variedad Red Globe	28
4.2. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en uva variedad Red Globe	34
4.3. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el color en uva variedad Red Globe	40
4.4. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe.....	54

4.5.	Efecto de dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe	61
V.	CONCLUSIONES	66
VI.	RECOMENDACIONES	67
VII.	BIBLIOGRAFIA	68
VIII.	ANEXOS	79

INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1.	Composición nutricional de la uva de mesa	6
Cuadro 2.	Variedades de uva de mesa que exporta el Perú	9
Cuadro 3.	Espectro UV y sus respectivas longitudes de onda.....	11
Cuadro 4.	Prueba de Levene modificada para la pérdida de peso en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C.....	31
Cuadro 5.	Análisis de varianza de la pérdida de peso en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	31
Cuadro 6.	Prueba de Duncan para la pérdida de peso en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	33
Cuadro 7.	Prueba de Levene modificada para los valores de firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	37
Cuadro 8.	Análisis de varianza para los valores de firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	38
Cuadro 9.	Prueba de Duncan para los valores de firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	39

Cuadro 10. Prueba de Levene modificada para los valores de luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C.....	43
Cuadro 11. Análisis de varianza para los valores de luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	43
Cuadro 12. Prueba de Duncan para los valores de luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	45
Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para los valores de a^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	48
Cuadro 14. Análisis de varianza para los valores de a^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	48
Cuadro 15. Prueba de Duncan para los valores de a^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	49
Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para los valores de b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	51
Cuadro 17. Análisis de varianza para los valores de b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C.	52
Cuadro 18. Prueba de Duncan para los valores de b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	53

Cuadro 19. Prueba de Levene modificada para el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C.....	58
Cuadro 20. Análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C.....	58
Cuadro 21. Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C.....	60
Cuadro 22. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en uva varieda Red Globe irradiadas con luz UV-C	64
Cuadro 23. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C	65

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.	Esquema experimental para la evaluación de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C	21
Figura 2.	Diagrama de flujo para la preparación de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C.....	22
Figura 3.	Ficha para la evaluación de aceptabilidad general de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C	26
Figura 4.	Pérdida de peso en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento	28
Figura 5.	Valores de firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo de almacenamiento	34
Figura 6.	Valores de luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo de almacenamiento	40
Figura 7.	Valores de a^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo de almacenamiento	46
Figura 8.	Valores de b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo de almacenamiento	50

Figura 9.	Recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo de almacenamiento.....	54
Figura 10.	Aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo de almacenamiento	61

ANEXOS

Pág.

Anexo 1.	Método para obtener el tiempo de exposición de cada dosis de irradiación UV-C	79
Anexo 2.	Pérdida de peso (%) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento	81
Anexo 3.	Valores de firmeza (N) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento	82
Anexo 4.	Valores de luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento	83
Anexo 5.	Valores de a^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento	84
Anexo 6.	Valores de b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento	85
Anexo 7.	Recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento	86
Anexo 8.	Resultados de la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento al día 0.....	87

Anexo 9.	Resultados de la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento al día 7.....	88
Anexo 10.	Resultados de la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento al día 14.....	89
Anexo 11.	Resultados de la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento al día 21.....	90
Anexo 12.	Resultados de la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento al día 28.....	91
Anexo 13.	Proceso de elaboración de uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C.....	92
Anexo 14.	Tabla de color para la clasificación de uva	93

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en uva variedad Red Globe. Los frutos fueron seleccionados, clasificados, pesados y se dividieron en tres grupos, colocados en bandejas “clamshells” con tapa ventilada, luego fueron irradiados con luz UV-C en dosis de 4 y 7 kJ/m², considerándose una muestra control, se almacenaron a 1 °C por 28 días. Cada 7 días fueron evaluadas las variables dependientes. El análisis de varianza denotó el efecto significativo de las dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, color y recuento de mohos y levaduras. La prueba de Duncan determinó que las muestras con 4 kJ/m² presentaron la menor pérdida de peso, mayor firmeza y retención de color al final del almacenamiento, mientras que las muestras con 7 kJ/m² presentaron el menor recuento de mohos y levaduras. En la aceptabilidad general luego de aplicar la prueba de Friedman se evidenció efecto significativo de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento, donde las muestras con 4 y 7 kJ/m² fueron las de mayor aceptación con una moda de 8 puntos que corresponde a una percepción de me gusta mucho. La prueba complementaria de Wilcoxon indicó que las muestras tratadas con 4 y 7 kJ/m² fueron estadísticamente iguales al final del almacenamiento y diferentes a la control por lo tanto, se pueden considerar las mejores semanalmente.

ABSTRACT

It was evaluated the effect of the UV-C irradiation dose and storage time at 1 °C on the physicochemical characteristics, mold and yeast counts and general acceptability of Red Globe grape variety. The fruits were selected, classified, weighed and divided into three groups, placed in clamshells trays with ventilated lid, then it were irradiated with UV-C light at doses of 4 and 7 kJ/m², being considered a control sample, stored at 1 °C for 28 days. The dependent variables were evaluated every 7 days. The analysis of variance denoted the significant effect of irradiation and storage time on weight loss, firmness, color and yeast and mold counts. The Duncan test found that the samples with 4 kJ/m² showed the lowest weight loss, higher firmness and color retention at the end of the storage, while the samples with 7 kJ/m² had the lowest count of molds and yeasts. In the general acceptability after applying the Friedman test, a significant effect of irradiation dose and storage time was observed, where the samples with 4 and 7 kJ/m² were the most accepted with a fashion of 8 points that corresponding to a I really like perception. The Wilcoxon complementary test indicated that the samples treated with 4 and 7 kJ/m² were statistically equal at the end of the storage and different to the control, therefore can be considered the best weekly.

I. INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, con menor proporción de carbohidratos. Sin embargo, la tendencia es cada vez consumir productos frescos, libres de residuos químicos por uso de desinfectantes, esto debido a que se ha asociado con intoxicaciones, como es por aplicación de hipocloritos, anhídrido sulfuroso (SO₂), entre otros. Por tal motivo, se genera la necesidad de buscar alternativas de conservación que cubran las mismas propiedades antimicrobianas y compatibilidad con el alimento (Vandepierre, 2011).

La irradiación de alimentos, es una tecnología emergente no térmica, cuyo objetivo es crear alimentos microbiológicamente seguros que no impacten de manera negativa los atributos sensoriales y nutricionales de los productos. Una de las más importantes es el procesamiento con la irradiación ultravioleta de onda corta. El uso de esta tecnología está bien establecido para casos como, el tratamiento de agua, la desinfección de aire y la desinfección de superficies; sin embargo, su aplicación en alimentos listos para consumir, incluidos los frutos y vegetales, está aún en investigación y su difusión es aún insuficiente. No obstante, el tratamiento con irradiación UV-C tiene un amplio potencial para ser usado de manera comercial en frutos, debido al grado de efectividad que esta tecnología posee para inhibir ciertos tipos de microorganismos (Millán y otros, 2015).

Se ha encontrado investigaciones en las cuales se menciona que la aplicación de dosis bajas de irradiación UV-C en frutas tiene un efecto positivo, ya que controla la evolución de los parámetros relacionados con la senescencia. Uno de los parámetros importantes es la firmeza de la fruta, la luz UV-C induce mecanismos de defensa en el tejido vegetal metabólicamente activo, provocando la producción de fitoalexinas está puede estar acompañada por otros mecanismos de defensa lo cual permite reducir la actividad de las enzimas degradantes de la pared celular y retrasa el ablandamiento, también reduce la actividad respiratoria y a su vez experimenta una menor pérdida de agua. Esto conlleva a conservar la calidad inicial del fruto e incrementar la durabilidad del producto, inactivando microorganismos y alterantes (Toapanta, 2012).

Dentro de las zonas de producción de uva en el Perú se encuentra la región La Libertad principalmente en el valle de Cascas y Virú, donde se suele cultivar distintas variedades: uva Italia, Red Globe, Gross Colman y otros. La Libertad es una de las regiones que posee mayor rendimiento a nivel nacional en el cultivo de uva, debido a sus condiciones climatológicas adecuadas, variedades especializadas, tecnología empleada, fertilidad del suelo y se cultiva dos veces al año, lo que permite mayor producción anual (MINAGRI, 2015).

La uva de mesa es un fruto no climatérico de baja actividad fisiológica, es altamente susceptible a podredumbres de postcosecha causadas por hongos, siendo *Botrytis cinérea* el de mayor importancia. Sin un tratamiento adecuado, el desarrollo del mismo puede provocar pérdidas importantes de producto. El fungicida más usado comercialmente es el dióxido de azufre (SO₂) pero excesivas concentraciones de SO₂ durante la conservación puede ocasionar

blanqueamiento del grano, lo que implica pérdidas considerables en uvas coloreadas; por lo que es necesario el desarrollo de nuevas alternativas a su uso (Rivero y otros, 2013). Con esta investigación se pretende evaluar el efecto de irradiación UV-C en conservación de uva variedad Red Globe, como una alternativa al uso de SO₂.

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál es el efecto de la dosis de irradiación UV-C (0, 4 y 7 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días) sobre la pérdida de peso, firmeza, color, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de uva variedad Red Globe?

Los objetivos propuestos para esta investigación son los siguientes:

Evaluar el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, color, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en uva variedad Red Globe.

Determinar la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento que permita conseguir la menor pérdida de peso y recuento de mohos y levaduras así como, la mayor firmeza, retención de color, y aceptabilidad general en uva variedad Red Globe.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Uva de mesa

2.1.1. Generalidades

Se empezó a conocer de la existencia del cultivo de la uva en Egipto, hacia los años 1500 y 1000 a.C., en el delta del Nilo, pero fue en Grecia, alrededor del siglo VII a.C., cuando se comenzó a cultivar la viña, cuidando la tierra y emparrando el viñedo. Posteriormente los romanos impulsaron este cultivo en Europa, y fue España en el siglo XVI quien la introdujo en el continente americano para que más tarde se extendiera por todas las zonas del planeta que tienen las condiciones climatológicas que lo permiten (Almanza, 2011).

La planta vid crece satisfactoriamente en varios tipos de suelo, el ideal para su desarrollo es el templado luminoso, más bien seco, con veranos largos e inviernos pobres. La uva se propaga por esquejes o estacas (Hueso, 2012).

La uva o grano de uva es el nombre que recibe el fruto que crece formando racimos de la vid común o vid europea. Pertenece al género *Vitis* de la familia de las Vitáceas, que incluye unas 600 especies de arbustos, por los general trepadores y que producen frutos en baya, propios de países cálidos y tropicales. Dentro del género *Vitis* se incluyen unas 20 especies cultivadas por sus frutos y algunas por sus hojas que se consumen como cualquier verdura (López, 2014).

La uva es una fruta obtenida de la vid, las uvas, granos de uva, viene en racimos y son pequeñas y dulces. Se comen frescas o se utilizan para producir mosto, vino y vinagre. Crecen agrupadas en racimos de entre 6 y 300 uvas. Pueden ser negras, moradas, amarillas, doradas, púrpuras, rosadas, marrones, anaranjadas o blancas, aunque estas últimas son realmente verdes y evolutivamente proceden de las uvas rojas con la mutación de dos genes que hace que no desarrollen, antocianos, siendo estos los que dan la pigmentación. Como fruta seca se la llama pasa (Hueso, 2012).

2.1.2. Clasificación científica de la uva

Reino.	Plantae
Clase.	Magnoliopsida
División.	Magnoliophyta
Orden.	Vitales
Familia.	Vitaceae
Género.	<i>Vitis</i>
Nombre.	Común.- uva

Fuente (Crisosto y otros, 2011).

2.1.3. Composición nutricional de la uva de mesa

La uva de mesa, al igual que otros frutos posee un alto contenido en agua, próximo al 80 %, aporta una cierta cantidad de carbohidratos, fundamentalmente en forma de azúcares y es pobre en proteínas y lípidos, por lo que aporta pocas calorías a la dieta. Sin embargo, aporta sustancias minerales, destacando su alto contenido en potasio y una gran variedad

de vitaminas, tanto hidrosolubles como liposolubles, así como aminoácidos esenciales (Fava, 2012).

En las uvas abundan diversas sustancias, tales como antocianinos, flavonoides y taninos, responsables del color, aroma y textura característicos de la uva.

En el Cuadro 1, se indica la composición nutricional de la uva.

Cuadro 1. Composición nutricional de la uva de mesa

COMPONENTES	CANTIDAD (por 100 g de porción comestible)
Agua (g)	83.6
Proteínas (g)	0.5
Lípidos (g)	0.25
Carbohidratos (g)	15.2
Fibra (g)	0.4
Minerales (g)	0.45
Sodio (mg)	1
Potasio (mg)	180
Magnesio (mg)	12
Calcio (mg)	16
Hierro (ug)	500
Fósforo (mg)	25
Vitamina B ₁ (ug)	42
Vitamina B ₂ (ug)	23
Nicotinamida (mg)	0.22
Vitamina B ₆ (ug)	70
Biotina (ug)	2
Ácido fólico (ug)	43
Kaempferol	Trazas
Quercetina (mg)	1.4
Miricetina (mg)	0.45

Fuente: Artés-Hernández y otros (2011).

2.1.4. Estructura del fruto de la uva

La uva es un pedúnculo terminado por un abultamiento de su superficie rugosa; existen uvas blancas, completamente amarillas, negras, azuladas, rosadas y violetas, cambiando de tonalidad por la influencia de la luz (Crisosto y otros, 2011).

Se distinguen tres partes:

✓ **Hollejo (epicarpio):**

Es la parte más externa de la uva, sirve de protección del fruto. Membranoso y con epidermis cutinizada, elástico. En su exterior aparece una capa cerosa llamada pruína. La pruína se encarga de fijar las levaduras que fermentan el mosto y también actúa como capa protectora.

El color del hollejo varía según el estado fenológico en el que se encuentra. En la fase herbácea es de color verde y a partir del envero es de color amarillo en variedades blancas, y rosado o violáceo, en variedades tintas. Es el responsable del color, pues es donde residen los polifenoles que dan color al mosto (antocianos y flavonoides).

✓ **Pulpa (mesocarpio):**

Representa la mayor parte del fruto. La pulpa es translúcida y muy rica en agua, azúcares, ácidos (málico y tartárico principalmente), aromas. Se encuentra recorrida por una fina red de haces conductores, denominándose pincel a la prolongación de los haces del pedicelo.

✓ **Pepitas:**

Las pepitas son semillas rodeadas por una fina capa (endocarpio) que las protege. Son ricas en aceites y taninos. Están presentes en número de 0 a 4 semillas por baya. A la baya sin semillas se la denomina baya apirena. Exteriormente se diferencian tres zonas: pico, vientre y dorso. En su interior nos encontramos el albúmen y embrión (Crisosto y otros, 2011).

2.1.5. Variedades comerciales de uva de mesa

Variedades de uva de mesa que se produce en el Perú: Red Globe (24 – 28 mm), Crimson Seedles (18 – 19 mm), Flame Seedless (18 – 19 mm), Surgraone (18 – 22 mm) y Thompson Seedles (18 – 20 mm). Existen aproximadamente unas 2000 variedades de uva. Sin embargo, generalmente se clasifican en uvas de mesa y uvas para vino (Rivero y otros, 2013).

En el Cuadro 2, se presenta las variedades de uvas que nuestro país exporta.

Cuadro 2. Variedades de uva de mesa que exporta el Perú

Variedades	Características del fruto
Red Globe	Color: Rojo oscuro con ligero brillo. Forma de la baya: Redonda. Calibre promedio: 24 – 28 mm Presencia de semillas: Si Observaciones: Cáscara firme. Sabor ligeramente dulce. Es la variedad que más exporta nuestro país.
Crimson Seendless	Color de baya: Rojo brillante. Forma de la baya: Ovalada alargada. Calibre promedio: 18 – 19 mm Presencia de semillas: No
Flame Seedless	Color: Rojo brillante. Forma de la baya: Redonda a levemente achatada. Calibre promedio: 18 – 19 mm Presencia de semillas: No Observaciones: Una de las más populares del mundo. De textura crujiente y fuerte sabor dulce.

Fuente: Almanza (2011).

2.2. Irradiación Ultravioleta

2.2.1. Tratamiento con irradiación ultravioleta: Su uso en alimentos

La irradiación ultravioleta (UV) es conocida por su efecto germicida y su aplicación en esterilización, y ha sido adoptada especialmente en áreas en la que la contaminación microbiológica tiene gran importancia. Asimismo, se ha utilizado por mucho tiempo en la industria alimentaria para la purificación de ambientes donde se procesan o fabrican alimentos, en la desinfección de agua y de superficies de empaque. También se ha experimentado su aplicación directa en algunos alimentos frescos y procesados. Así, se ha usado en el control de enfermedades postcosecha de frutas y hortalizas y se ha demostrado su efecto beneficioso en numerosos sistemas (Rodríguez, 2011).

La irradiación (UV) como tecnología no térmica de conservación es un tratamiento simple, limpio, se realiza a bajas temperaturas y sin humectación del producto. El uso de la irradiación UV ha sido aprobado como control en el tratamiento superficial de alimentos, esterilización del agua usada en la producción de alimentos y reducción de patógenos humanos y otros microorganismos en jugos (FDA, 2013).

2.2.2. Características de la irradiación ultravioleta

Según Cote (2011), la zona dentro del espectro electromagnético correspondiente a la irradiación ultravioleta comprende longitudes de onda desde 400 nm, extremo violeta del espectro visible, hasta los 100 nm y puede a su vez subdividirse en tres zonas.

En el Cuadro 3, se indica las diferentes regiones del espectro UV indicando sus respectivas longitudes de onda.

Cuadro 3. Espectro UV y sus respectivas longitudes de onda

Radiación	Longitud de onda
UV-A	315 – 400 nm
UV-B	280 – 315 nm
UV-C	100 – 280 nm

Fuente: Domínguez (2011).

La irradiación UV-C es utilizada comúnmente por su acción germicida ya que induce la formación de dímeros de pirimidina lo que distorsiona la estructura de la hélice de ADN y bloquea la replicación celular y por tanto, evitan la multiplicación de células o virus (Morata, 2010).

2.2.3. Ventajas de la irradiación UV-C

Los tratamientos de irradiación de UV-C presentan numerosas ventajas ya que son procesos relativamente cortos, se aplican en seco y requieren menos infraestructura que otros métodos, y son económicos debido a que la inversión de capital es generalmente baja al igual que el costo de mantenimiento. En general no hay restricciones legales para su aplicación y los efectos sobre la calidad de los frutos son claros, por lo que constituye una excelente alternativa para extender la vida poscosecha de frutas y vegetales (Millán y otros, 2015).

Estudios realizados reportan que el tratamiento con irradiación UV-C tiene capacidad germicida, demostrado que el efecto hormesis (iniciación de reacción positiva bajo una dosis baja de irradiación), puede mejorar la resistencia a varios factores en tejidos, como reducir la incidencia y la severidad del daño por frío, retrasa síntomas de maduración y senescencia, además controla enfermedades originadas por hongos y mohos. La irradiación UV-C puede ser un tratamiento efectivo siendo un método físico que no produce subproductos indeseables (De la Cruz, 2011).

2.2.4. Efecto hormético de la irradiación UV-C

La hormesis es una respuesta adaptativa con características diferenciales por la relación dosis-respuesta, que es inducida por un proceso de acción directa o de sobre-estimulación a dosis bajas. Al aplicar irradiación UV-C en frutas y hortalizas, adicionalmente a la reducción de la carga microbiana inicial en la superficie, se produce un fenómeno denominado “efecto hormético” (Mendoza, 2014).

La hormesis UV-C es un enfoque recientemente introducido en el manejo postcosecha, pues su aplicación es mejor en dosis bajas de irradiación 2-20 kJ/m² puede inducir la producción de compuestos fungicidas como fitoalexinas, y reduciendo la velocidad de maduración y retrasando la senescencia. En el sector hortícola eso permite reducir las pérdidas postcosecha ocasionadas por desórdenes fisiológicos, como daño por frío, susceptibilidad al ataque de fitopatógenos, daños mecánicos, pérdida de firmeza y otros (Andrade-Cuvi y otros, 2010).

La irradiación UV-C se ha estudiado como un tratamiento alternativo para la preservación de frutas y hortalizas como en fresa, arándano, uva de meza, manzana, mango y durazno. La utilización de UV-C en uvas a dosis bajas ($0.125\text{-}4\text{ kJ/m}^2$) permite inducir factores de defensa tipo fitoaleonas que incrementan la resistencia de la baya a invasiones fúngicas como *Botrytis cinérea*.

2.3. Conservación en frío

La conservación a bajas temperaturas, por encima de las de congelación, es una de las técnicas más utilizadas para mantener la calidad y prolongar el periodo de vida útil de frutos y hortalizas: reduciendo la tasa de respiración y disminuyendo tanto la pérdida de agua por transpiración como la producción de etileno y el desarrollo de microorganismos. Sin embargo, debido a la alta susceptibilidad de determinados productos hortofrutícolas de origen tropical y subtropical al daño por frío, o bien a consecuencia de la aplicación de temperaturas inferiores a la óptima de conservación en frutos tolerantes a las bajas temperaturas, se pueden provocar importantes pérdidas de calidad del producto durante su conservación (Rodríguez, 2011). Los síntomas de daño por frío dependen de la especie, variedad, tejido y estado de desarrollo o maduración, así como, de la intensidad y duración de la exposición a las condiciones de estrés. En uva de mesa, el empleo de temperaturas próximas a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, puede provocar en algunas variedades disfunciones fisiológicas que conducen a una pérdida de calidad (Plank, 2013).

En el manejo postcosecha, la baja temperatura de refrigeración disminuye la incidencia de patógenos, además de retrasar la senescencia en frutos no climátricos y alargar el preclimaterio en climátricos. Algunas de las frutas y hortalizas presentan vida de almacenamiento corta desde unos días hasta una semana, por lo que es conveniente utilizar la refrigeración. Esta técnica se basa en eliminar el calor de campo y el calor de respiración de los productos por conducción y convección de aire frío forzado, además del control de la humedad. Por ello, la refrigeración controla el crecimiento de bacterias y hongos que producen pudriciones y retarda el metabolismo del producto. El crecimiento de los hongos es más rápido a 24 °C pero lento a temperatura de 4 °C o inferior (Gallardo, 2013).

Las condiciones óptimas de conservación de uva de mesa deben ser entre -1 y 0 °C, con una humedad relativa comprendida entre 90 y 95%. Según López (2014), la uva de mesa debe ser almacenada durante su vida postcosecha a una temperatura entre -0.5 y 0 °C, aunque pueden existir daños provocados por el frío en las uvas que estén menos maduras.

2.4. Parámetros de calidad a evaluar en frutos frescos

2.4.1. Pérdida de peso

La pérdida de humedad con el correspondiente marchitamiento y arrugamiento, es uno de los cambios en que se pierde la frescura de las frutas y hortalizas. Puesto que las frutas y hortalizas tienen un 72-95% de agua, pierden humedad rápidamente siempre que la humedad relativa sea inferior al 90%. El índice de pérdida de agua se controla mediante la

diferencia vapor-presión entre el fruto y al aire circundante, lo que viene rigido por la temperatura y la humedad relativa. Debido a que el aire caliente puede mantener mucho más vapor de agua que el frío, la humedad alta y la pérdida de peso baja pueden conseguirse más fácilmente a bajas que a altas temperaturas (Valdiviezo, 2016).

2.4.2. Firmeza

La firmeza es una de las técnicas más utilizadas en el control de la maduración de la fruta. El excesivo ablandamiento es uno de los principales factores de la pérdida de calidad, ya que los productos más firmes soportan mejor el manipuleo y transporte porque son más propensos a desarrollo de microorganismos (Madrid, 2011).

2.4.3. Color

El color de los frutos puede ser un factor decisivo en su aceptación o rechazo por los consumidores. En frutas y vegetales, el color se debe principalmente a tres familias de pigmentos: clorofilas, carotenoides y antocianinas, que son responsables de la coloración verde, roja-amarilla y azul-violeta, respectivamente (Artés-Hernández y otros, 2011).

2.4.4. Crecimiento de mohos y levaduras

Los microorganismos constituyen un factor muy importante en las frutas y hortalizas procesadas en fresco. Las bacterias, levaduras y mohos son responsables de hasta el 15% de la alteración postcosecha. Además los productos que muestran signos de crecimiento microbiano son desagradables y no

aceptables por el consumidor, también existe pérdida de ablandamiento, sabor y de aromas extraños (Muñoz, 2015).

Los mohos y levaduras pueden causar problemas a través de: síntesis de metabolitos tóxicos (micotoxinas), resistencia al calor, congelamiento antibióticos o irradiación y habilidad para alterar sustratos no favorables permitiendo el crecimiento de bacterias patógenas (Huera, 2014).

2.4.5. Aceptabilidad general

La calidad de un alimento está determinada por diferentes aspectos: cantidad y calidad de los nutrientes que lo contienen y la calidad y seguridad sanitaria. Sin embargo, lo que determinará la aceptación o rechazo del mismo está relacionado con la percepción subjetiva del consumidor, es decir aspectos ligados a la preferencia del color, sabor, textura, consistencia del producto (Ramírez, 2012).

La evaluación sensorial es el proceso en el que utilizamos nuestros sentidos (gusto, olfato, tacto, vista) y su aplicación para la determinación de la aceptabilidad de los alimentos (CSIC, 2011).

2.4.5.1 Clasificación de pruebas

La información sobre los gustos, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados. La información sobre las características sensoriales

específicas de un alimento requiere pruebas orientadas al producto. Se pueden clasificar en 2 grupos: pruebas orientadas al consumidor (afectivas) y pruebas orientadas al producto (discriminativas y descriptivas).

a) Pruebas orientadas al consumidor (afectivas): Son pruebas subjetivas en las que los jueces expresan su reacción particular ante un producto (si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza). Las suelen realizar jueces consumidores. Se requieren al menos 30 panelistas. Tipo de pruebas afectivas:

- ✓ **Pruebas de preferencia:** Se trata de conocer si el juez prefiere una muestra sobre otra. Se presentan dos muestras y se le pregunta al juez cual prefiere (Ramírez, 2012).
- ✓ **Pruebas de grado de satisfacción:** Se aplican cuando el número de muestras es mayor que 2 ó cuando se desea obtener mayor información sobre el producto. Se utilizan escalas hedónicas que pueden ser verbales o gráficas:

Escalas hedónicas verbales: Los jueces describen la sensación que les produce la muestra entre las posibilidades que se le ofrecen en la escala. La escala más simple es la tres puntos: Me gusta, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta. La más empleada es la de nueve puntos que la escala va desde “Me gusta

muchísimo” hasta “Me disgusta muchísimo” (CSIC, 2011).

Escalas hedónicas gráficas: La descripción verbal se sustituye por la elección que los jueces realizan para cada muestra en una escala gráfica (caritas, fotografías) con puntuaciones equivalentes a la escala verbal (CSIC, 2011).

b) Pruebas orientadas al producto (discriminativas y descriptivas): Mide el deseo de una persona de adquirir un producto, además de su preferencia por él y su grado de satisfacción. Se realizan mediante cuestionarios complejos que contienen preguntas sobre el nivel socio-económico cultural del juez. Además de la pregunta sobre su disposición a adquirir el producto evaluado (CSIC, 2011).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar, materia prima y equipos e instrumentos

3.1.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.1.2. Materia prima e insumos

Materia prima

- Uva variedad Red Globe, que se adquirió en el Mercado La Hermelinda de la ciudad de Trujillo provenientes de la ciudad de Ica.
- Bandejas de polipropileno tipo “clamshell” de 200 g de capacidad.

Insumos

- Alcohol de 80 °G.L.
- Agua destilada

3.1.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

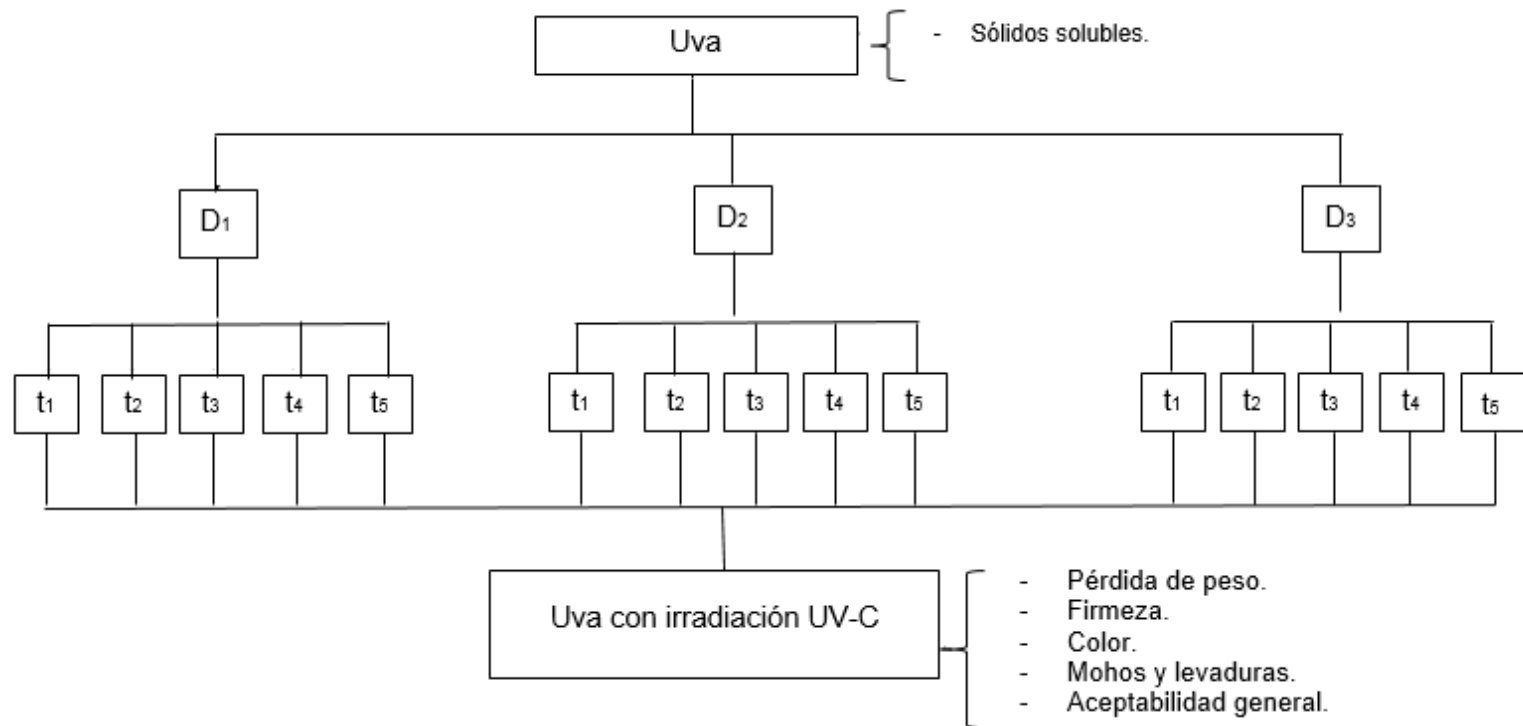
- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Capacidad de 0 – 210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 mg.
- Refractómetro. Marca Thomas scientific, rango: 0-32 °Brix, +/- 0.2%, calibrado a 20 °C.
- Refrigeradora. Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0 a 8 °C. Precisión + 2 °C.
- Colorímetro Minolta. Moldeo CR – 400.

- Texturómetro universal Instron modelo 3342.
- Equipo de irradiación UV-C. Diseño propio. Cuatro lámparas Philips, modelo TUV G30T8, 40 Watts. Dimensiones de la cámara de vidrio: 121 cm largo x 26.8 cm ancho x 91 cm alto. Espesor: 1 cm . Dimensiones del área de emisión de luz UV-C: 93 cm largo y 28 cm ancho. Distancia de la lámpara al producto 12.5 cm.

3.2. Método experimental

3.2.1. Esquema experimental para la evaluación de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C.

La Figura 1 muestra el esquema experimental para la evaluación de uva variedad Red Globe. Se consideró como variables independientes la dosis de irradiación UV-C (0, 4 y 7 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días) y como variables dependientes las características fisicoquímicas (pérdida de peso, firmeza y color), recuento de mohos y levaduras y la aceptabilidad general.



Leyenda:

D₁: Dosis irradiación UV-C de 0 kJ/m²

D₂: Dosis irradiación UV-C de 4 kJ/m²

D₃: Dosis irradiación UV-C de 7 kJ/m²

t₁: Tiempo de almacenamiento de 0 días

t₂: Tiempo de almacenamiento de 7 días

t₃: Tiempo de almacenamiento de 14 días

t₄: Tiempo de almacenamiento de 21 días

t₅: Tiempo de almacenamiento de 28 días

Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C.

Descripción del diagrama de flujo

En la Figura 2 se indica cada etapa para la preparación de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C.

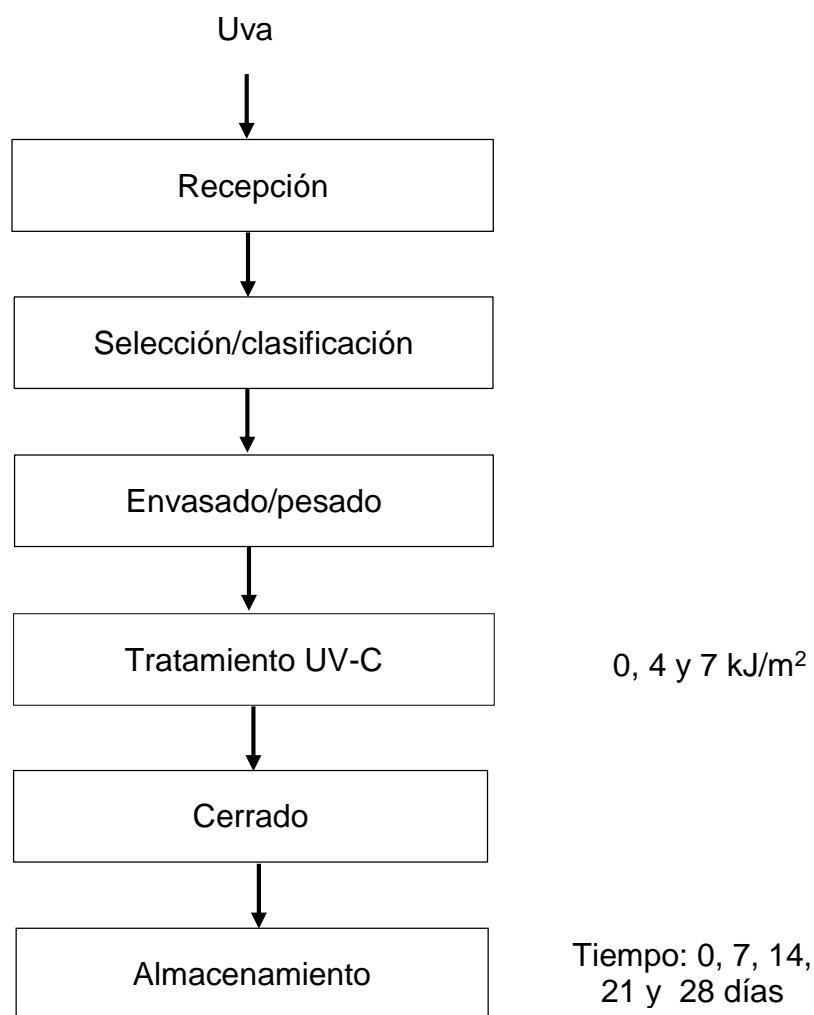


Figura 2. Diagrama de flujo para la preparación de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C

Recepción. La fruta se recibió en el laboratorio en jabas de madera con capacidad de 10 kg cada una, posteriormente se colocó en un espacio ventilado para poder continuar con las operaciones.

Selección y clasificación. Se seleccionó de acuerdo a su aspecto general, que los racimos no presenten signos de putrefacción, no estén deshidratados. La clasificación se realizó sobre las observaciones de color rosado-rojizo (RG1) en la baya mediante una tabla de color (Anexo 14) y para sólidos solubles se realizó tres lecturas de diferentes bayas, posteriormente se sacó promedio obteniendo 16 °Brix.

Envasado y pesado. Se envasó los racimos de uva en bandejas tipo “clamshell”, cada envase tuvo 9 perforaciones con 10 mm de diámetro, los racimos se cortaron en porciones el peso aproximado fue 150 – 200 g para cada tratamiento.

Tratamiento UV-C. Para la aplicación de este tratamiento se utilizó 04 lámparas germicidas UV-C de 254 nm a una distancia de 12.5 cm, a diferentes tiempos de exposición que permitieron obtener las diferentes dosis de aplicación, mediante la ecuación 1 (Domínguez, 2011). El método para obtener el tiempo de exposición de cada tratamiento se observan en el Anexo 1.

$$D = I * t \dots\dots\dots(1)$$

D: Dosis de irradiación aplicada (kJ/m²)

I: Intensidad de irradiación bajo el área de emisión de luz UV-C (Kw/m²)

t: Tiempo de exposición (s)

Cerrado. Se procedió a cerrar las bandejas después de cumplir con el tiempo de exposición a la irradiación UV-C.

Almacenamiento. La uva se almacenó en refrigeración a una temperatura de 1 ± 1 °C, para ser evaluada durante 28 días.

3.3. Métodos de análisis

3.3.1. Pérdida de peso

Se determinó periódicamente pesando los envases antes y después de cada periodo de almacenamiento. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso, respecto al peso inicial (De la Cruz, 2011).

3.3.2. Firmeza

La firmeza se determinó de manera instrumental utilizando un texturómetro Instron modelo 3342, se reportó el promedio de 5 mediciones. Los parámetros de ensayo según Brayovic y otros (2011) fueron los siguientes:

- Modo: Medida de fuerza en compresión.
- Opción: Retorno al Inicio.
- Diámetro de punzón: 2 mm
- Velocidad de Pre-Test: 1.0 mm/s
- Velocidad de Test: 1.0 mm/s
- Velocidad de Post-Test: 10.0 mm/s
- Distancia: 50%
- Trigger Tipo: Auto – 5g

3.3.3. Color

Se utilizó el sistema CIELAB, usando el colorímetro Kónica-Minolta, modelo CR-400. El equipo fue calentado durante 10 min y calibrado con un blanco estándar. Luego se determinó los parámetros de color expresados en términos de luminosidad L^* (0 para negro y 100 para blanco), cromaticidad a^* (- verde a + rojo) y b^* (- azul a + amarillo). Las medidas fueron tomadas en 5 frutos por cada tratamiento reportándose el promedio de los valores (Vandepierre, 2011).

3.3.4. Recuento de mohos y levaduras

Se separó asépticamente 10 g de muestra que se homogenizó en 90 mL de agua peptonada al 0.1%. Se preparó una serie de diluciones en 9 mL de agua peptonada con 1 mL de alícuota. La numeración de mohos y levaduras se realizó en agar extracto de malta-oxitetraciclina (OGY) luego de una incubación a 37 °C por 48 h. Los resultados fueron reportados en ufc/g (ANMAT, 2014).

3.3.5. Evaluación de aceptabilidad general

La aceptabilidad general de las muestras de uva variedad Red Globe se evaluaron usando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, con un valor de 1 para “Me disgusta muchísimo” y valor de 9 para “Me gusta muchísimo”. La prueba se realizó cada 7 días con 30 panelistas no entrenados, consumidores de uva y representantes del público objetivo. Las uvas se sirvieron en forma aleatoria en contenedores codificados con 3 códigos (Sandoval, 2013).

En la Figura 3, se muestra la cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de las uvas variedad Red Globe con irradiación UV-C.

Nombres y Apellidos:		Fecha:	
Producto: Uva Red Globe			
Observe y pruebe la muestra de fruta que se presenta ante usted, indique con una (x) su grado de aceptabilidad.			
ESCALA	CÓDIGO		
	206	357	836
Me gusta muchísimo			
Me gusta mucho			
Me gusta bastante			
Me gusta ligeramente			
Ni me gusta Ni me disgusta			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta bastante			
Me disgusta mucho			
Me disgusta muchísimo			
Comentario:			

Figura 3. Ficha para la evaluación de aceptabilidad general de uva variedad Red Globe con irradiación UV-C.

3.4. Métodos estadísticos

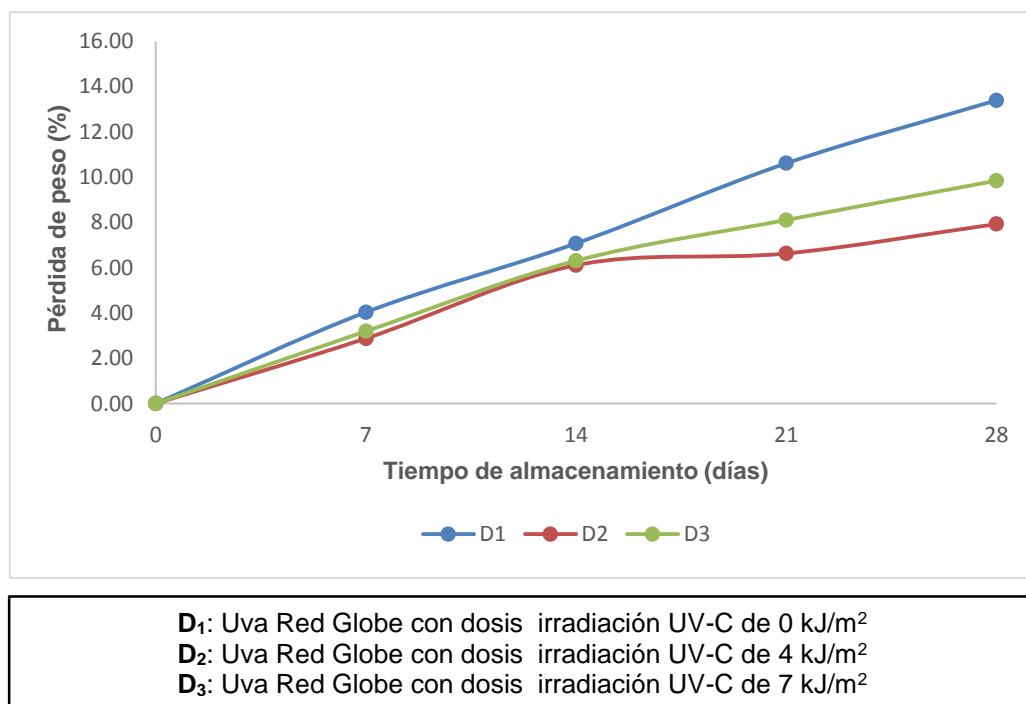
El diseño estadístico que se aplicó para la evaluación paramétrica de las características fisicoquímicas (pérdida de peso, firmeza y color) y recuento de mohos y levaduras corresponde a un arreglo factorial 3×5 , con 3 repeticiones, para lo cual se utilizó un análisis de varianza. Así mismo se aplicó la Prueba de Levene para evaluar homogeneidad de varianzas, finalmente la Prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%.

Los datos que se obtuvieron de la aceptabilidad general fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon, ambas con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el programa SPSS para Windows (Statistical Package for The Social Sciences), versión 22 (SPSS Inc., 2014).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en uva variedad Red Globe

En la Figura 4 se muestra la pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos, se puede observar que esta fue incrementando a medida que transcurrieron los días de almacenamiento. Los resultados de la pérdida de peso durante el almacenamiento se observan en el Anexo 2.



Las uvas irradiadas con luz UV-C almacenadas a 1 °C durante 28 días, presentaron 7.93% de pérdida de peso para las muestras tratadas a 4 kJ/m² (D₂) y 9.84% en las tratadas a 7 kJ/m² (D₃). El tratamiento control 0 kJ/m² (D₁) denotó una mayor pérdida con 13.39%.

Cuando la pérdida de peso se encuentra entre 8-13% pueden causar en ciertas frutas deshidrataciones, marchitamientos o arrugamientos. En la mayoría de los frutos, éstas pérdidas en forma de agua transpirada son suficientes para promover un aspecto arrugado, perdiendo su apariencia externa (Montalvo, 2011). De acuerdo a lo mencionado, la dosis de irradiación UV-C de 4 kJ/m² presentó pérdidas de peso menores al 8%, a los 28 días de almacenamiento, lo que indica que se estaría conservando la calidad comercial de la uva.

Resultados similares fueron reportados por Gallardo (2013), en arándano azul irradiados con UV-C (1, 3 y 5 kJ/m²) almacenados por 9 días a 4 °C, donde observó que al transcurrir los días de almacenamiento la pérdida de peso aumento, indicó que el tratamiento de 1 kJ/m² presentó la menor pérdida de peso 4.9%, en comparación, con la muestra control que presentó 12%. La exposición a UV-C reduce la degradación enzimática de la pared celular, lo que explica el retraso en el proceso de maduración y senescencia.

Muñoz (2015), reportó que la pérdida de peso en fresas irradiadas con UV-C de 2 y 4 kJ/m² se incrementó durante 12 días de almacenamiento a 5 °C, alcanzando valores entre 3.61 y 4.98%, mientras que la muestra control presentó un valor de 10.78%.

Armas (2013), evaluó el efecto de irradiación UV-C en aguaymanto, donde observó incremento de pérdida de peso durante el tiempo de almacenamiento, los frutos tratados con dosis (8 y 12.5 kJ/m²) almacenados a 5 °C por 28 días presentaron 18.6 y 15.1%, respectivamente. Mientras que la muestra control presentó 21.5%.

Cueva (2010), evaluó el efecto de la irradiación UV-C sobre la pérdida de peso en mora, donde observó que a los 7 días de almacenamiento aumentó la pérdida de peso, los frutos tratados con dosis entre 13 y 23 kJ/m^2 presentaron menor pérdida de peso con valores de 1.7 y 1.4%, respectivamente, en comparación, con la muestra testigo que presentó 2.6%. El empleo de irradiación UV-C contribuyó a reducir las mermas en el fruto, ya que este tratamiento permite mantener la integridad del tejido por más tiempo.

Andrade-Cuvi y otros (2013), evaluaron el efecto de irradiación UV-C en naranjilla aplicando dosis de (8 y 12.5 kJ/m^2) donde observaron que al transcurrir los días existe aumento en la pérdida de peso, pero fue menor, en comparación, con las muestras control, los valores reportados fueron 16.2 y 15.9%, respectivamente; mientras que la muestra control reportó 18.5% almacenados por 14 días a 17 °C.

La pérdida de agua por transpiración acelera el marchitamiento del fruto y constituye uno de los principales factores de deterioro que afectan significativamente la calidad del fruto en postcosecha, produciendo pérdida de la apariencia, firmeza, sabor y calidad nutricional, por lo que se relaciona con el fenómeno de senescencia que involucra cambios en la permeabilidad de membranas que favorecen las pérdidas de agua de células y tejidos. Sin embargo la aplicación de radiación UV-C ayuda a reducir la velocidad de pérdida de peso y retrasa los procesos de deterioro en la fruta (Cote, 2011; Gallardo, 2013).

En el Cuadro 4, se muestra la Prueba de Levene modificada aplicada a la pérdida de peso en uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$). Consecuentemente se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 4. Prueba de Levene modificada para la pérdida de peso en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Variable	Estadístico de Levene	p
Pérdida de peso (%)	0.930	0.562

En el Cuadro 5, se muestra el análisis de varianza de pérdida de peso para uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la pérdida de peso en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Dosis de irradiación: A	11.312	2	0.997	21.414	0.000
Tiempo de almacenamiento: B	99.420	4	145.890	144.716	0.000
A*B	12.243	8	0.119	8.912	0.000
Error	5.394	28	0.210		
Total	128.434	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre pérdida de peso. Así también, la interacción (dosis-tiempo) presentó efecto significativo.

Gallardo (2013) determinó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el uso de la irradiación UV-C (1, 3 y 5 kJ/m²) almacenadas por 9 días a 4 °C sobre la pérdida de peso en arándano.

Guijarro (2012) indicó diferencia significativa ($p < 0.05$) en la aplicación de la radiación UV-C (8 y 12 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en aguaymanto almacenada por 28 días a 6 °C.

En el Cuadro 6, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan que nos permitió determinar el mejor tratamiento en cuanto a pérdida de peso. Se puede observar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 5 se observa que el tratamiento 4 kJ/m² presentó la menor pérdida de peso con 7.93% a los 28 días de almacenamiento.

Tiempo de almacenamiento (días)	Dosis de irradiación UV-C	Subgrupo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
0	0 kJ/m²	0.00							
0	4 kJ/m²	0.00							
0	7 kJ/m²	0.00							
7	4 kJ/m²		2.88						
7	7 kJ/m²		3.19						
7	0 kJ/m²			4.03					
14	4 kJ/m²				6.11				
14	7 kJ/m²				6.31				
21	4 kJ/m²				6.63				
14	0 kJ/m²					7.07			
28	4 kJ/m²					7.93			
21	7 kJ/m²					8.11			
28	7 kJ/m²						9.84		
21	0 KJ/m²							10.61	
28	0 KJ/m²								13.39

4.2. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en uva variedad Red Globe

La firmeza en la uva variedad Red globe irradiadas con UV-C disminuyó en función del tiempo de almacenamiento, produciéndose una mayor retención de la firmeza en las muestras irradiadas, en comparación, con la muestra control, tal y como se observa en la Figura 5. Los resultados de la evaluación de firmeza se observan en el Anexo 3.

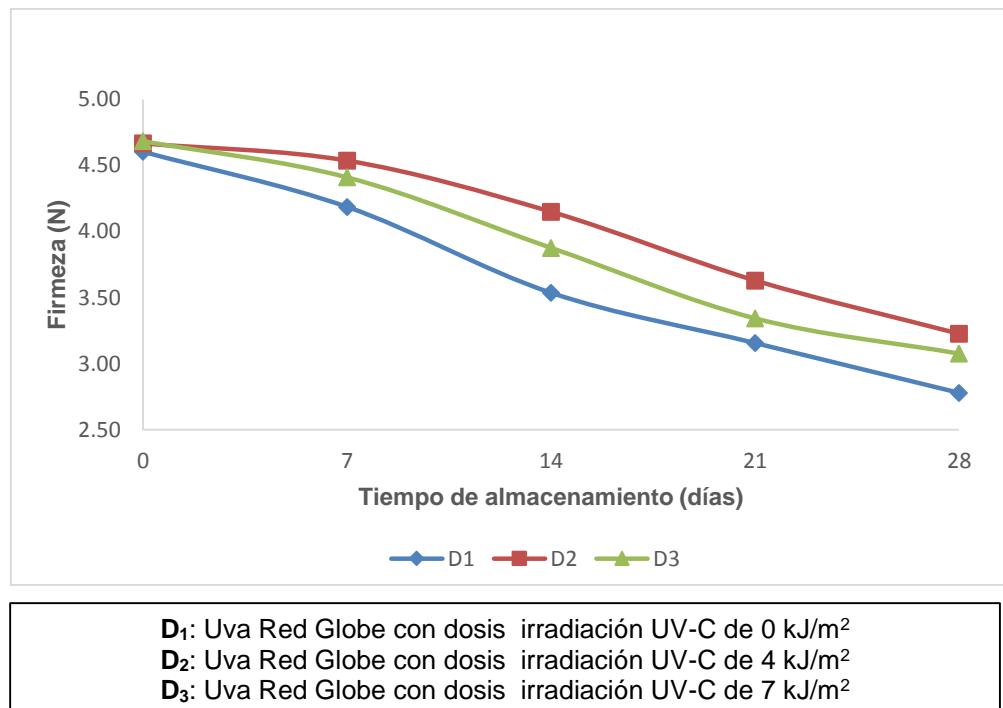


Figura 5. Firmeza en uva irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento

La uvas irradiadas con UV-C dosis de 4 kJ/m^2 (D_2) presentaron mayor firmeza durante el almacenamiento con 3.23 N en el día 28, seguido de la muestra tratada con 7 kJ/m^2 (D_3) con 3.08 N. Así mismo, encontramos que la muestra control 0 kJ/m^2 (D_1), presentó la menor firmeza con 2.78 N.

Muñoz (2015) evaluó el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en fresas, donde observó que al transcurrir los días de almacenamiento, la firmeza disminuyó, siendo más notorio en el tratamiento sin irradiación con valor de 1.12 N, los tratamientos con 2 y 4 kJ/m^2 , al día 12 de almacenamiento presentaron valores de firmeza de 1.33 y 1.23 N, respectivamente.

Guijarro (2012) encontró en aguaymanto tratada con irradiación UV-C (8 y 12 kJ/m^2) y almacenadas a 6°C por 28 días presentaron mayor firmeza con valores de 10.4 y 7.6 N. En cambio la muestra control al transcurrir los días de almacenamiento presentó 4.7 N.

La disminución de la firmeza puede verse afectada ya que los componentes de la membrana (fosfolípidos y glicolípidos) como de la pared celular (proteínas y ligninas) absorben energía en el rango ultravioleta generando especies reactivas de oxígeno que causan estrés oxidativo que afectan la estabilidad de la pared y membrana celular (Muñoz, 2015).

La firmeza de las frutas está relacionada directamente con la integridad de las paredes celulares. Rivero y otros (2013), reportaron que los tratamientos con radiación UV-C podrían reducir la actividad de las enzimas degradantes de la pared celular retrasando el ablandamiento.

El ablandamiento que ocurre normalmente durante la maduración de un fruto ha sido correlacionado con una progresiva solubilización y depolimerización de la pared celular. Por otro lado, la degradación de la pared celular facilita el acceso de los organismos patógenos hacia los tejidos del fruto, lo cual incrementa la susceptibilidad de los mismos a la infección. Se ha demostrado que existe una relación entre el retraso en el ablandamiento de los frutos tratados con UV-C y una menor actividad de enzimas que degradan la pared celular durante la maduración (Armas, 2013).

Los cambios en la textura de los frutos son debidos a cambios en la composición de la lámina media y en los componentes de la pared celular primaria que conducen a la degradación de sus polisacáridos constituyentes por enzimas capaces de alterar la textura de la pared celular, tales como pectinmetilesterasa, endo y exo-poligalacturonasa, celulosa y β -galactosidasa. En este sentido, la aplicación de irradiación UV-C permite la reducción de la actividad de estas enzimas (Navarro, 2013).

La firmeza y turgencia de los frutos está en estrecha dependencia con la entrada de agua por fenómenos osmóticos, la cual a su vez, depende de la presencia de solutos osmóticamente activos al interior de las bayas. Entre los solutos osmóticamente activos están los

nutrientes minerales y metabolitos orgánicos como los azúcares tales como glucosa y fructuosa. Aquellas bayas con mayor contenido de azúcares tienen una mayor presión osmótica, y por ende, una mayor capacidad de atracción por agua que se traduce en una menor firmeza (Morata, 2010).

En el Cuadro 7, se muestra la Prueba de Levene modificada aplicada a la firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza y el uso de la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 7. Prueba de Levene modificada para la firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Variable	Estadístico de Levene	p
Firmeza (N)	0.819	0.485

En el Cuadro 8, se muestra el análisis de varianza de la firmeza para uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C.

Cuadro 8. Análisis de varianza de la firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Dosis de irradiación: A	1.146	2	0.573	91.294	0.000
Tiempo de almacenamiento: B	16.381	4	4.095	652.356	0.000
A*B	0.270	8	0.033	5.384	0.000
Error	0.188	28	0.006		
Total	17.986	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento y la interacción presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza.

Guijarro (2012) indicó diferencia significativa ($p < 0.05$), en la aplicación de irradiación UV-C (8 y 12 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento (28 días a 6 °C) sobre la firmeza en aguaymanto.

Cote (2011) encontró diferencia significativa ($p < 0.05$), en la firmeza de fresa tratadas con dosis de 4 kJ/m² de irradiación UV-C, bajo dos intensidades (3 y 33 W/m²) almacenadas a 10 °C por 5 días.

En el Cuadro 9, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan que nos permitió determinar el mejor tratamiento en cuanto a la firmeza. Se puede observar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 5 se observa que el tratamiento 4 kJ/m² presentó mayor firmeza con 3.23 N a los 28 días de almacenamiento.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para la firmeza en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Tiempo de almacenamiento (días)	Dosis de irradiación UV-C	Subgrupo							
		1	2	3	4	5	7	8	
0	7 kJ/m²	4.68							
0	4 kJ/m²	4.67							
0	0 kJ/m²	4.60							
7	4 kJ/m²		4.54						
7	7 kJ/m²		4.41						
7	0 kJ/m²			4.19					
14	4 kJ/m²			4.15					
14	7 kJ/m²				3.88				
21	4 kJ/m²				3.63				
14	0 kJ/m²				3.54				
21	7 kJ/m²					3.34			
28	4 kJ/m²					3.23			
21	0 kJ/m²						3.16		
28	7 kJ/m²						3.08		
28	0 kJ/m²							2.78	

4.3. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el color en uva variedad Red Globe

Los valores de luminosidad (L^*) en la uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C disminuyó en función del tiempo de almacenamiento, produciéndose una mayor retención de color en las muestras irradiadas, en comparación, con la muestra control, tal y como se observa en la Figura 6. Los resultados del valor de luminosidad (L^*) durante el almacenamiento se observan en el Anexo 4.

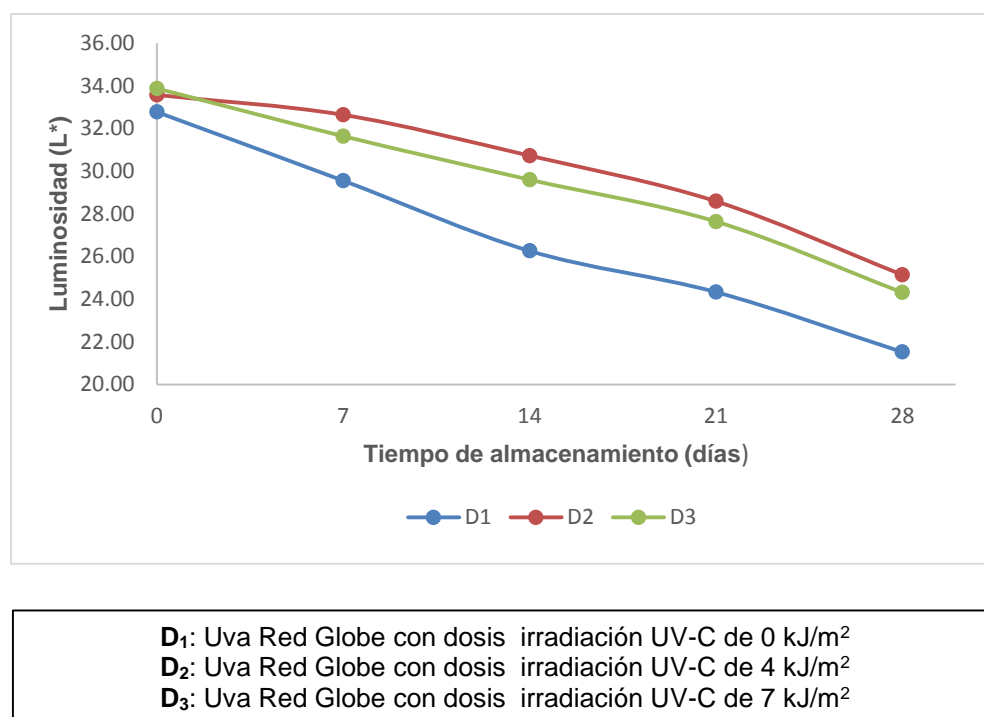


Figura 6. Luminosidad (L^*) en uva irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento

Las muestras de uva variedad Red Globe irradiadas con 4 kJ/m² (D₂) y 7 kJ/m² (D₃), presentaron los mayores valores de luminosidad a los 28 días de almacenamiento, con un valor de 25.14 y 24.36 respectivamente. En cambio, la muestra control 0 kJ/m² (D₁) presentó un valor de 21.52. Esto indicaría un mayor oscurecimiento de la muestra control con respecto a las muestras tratadas.

Resultados similares fueron reportados por Gallardo (2013) quién evaluó el efecto de irradiación UV-C en bayas de arándano donde observó que al transcurrir los 9 días de almacenamiento a 4 °C, la luminosidad presentó tendencia a disminuir, siendo más notorio en el tratamiento sin irradiación con valor de 19.75, el tratamiento con 3 kJ/m² presentó valor de 21.80.

Muñoz (2015) evaluó el efecto de la dosis de irradiación UV-C (2 a 4 kJ/m²) en fresas, donde observó que al transcurrir los 12 días de almacenamiento, la luminosidad presentó tendencia a disminuir, este efecto fue menor en el tratamiento a 4 kJ/m² con valor de 27.72. El tratamiento control presentó valor de 26.76.

Monteiro y otros (2009), evaluaron el efecto de irradiación UV-C en uva Niagara Rosada, aplicaron dosis de (0, 1.05, 2.09, 4.18 y 8.35 kJ/m²) durante 16 días a 1 °C, reportaron que al transcurrir los días de almacenamiento L* disminuyó, siendo más notorio en la muestra control que presentó valor de 32.09, en cambio en las muestras irradiadas la dosis de 4.18 kJ/m² presentó mayor luminosidad siendo 38.37.

Herrera (2013), evaluó el efecto de irradiación UV-C en bayas de sauco aplicando dosis de (2 y 4 kJ/m²). Reportó que la dosis de 2 kJ/m² registró el mayor valor de luminosidad (20.96) almacenados por 30 días a temperatura de 1 °C en comparación de la muestra control que presentó (18.56).

El color es un elemento sugestivo que confiere a los frutos su atractivo, ocupando un lugar preferente entre los parámetros que definen la calidad de los alimentos. La medida objetiva del color se puede llevar a cabo mediante colorímetros, en este espacio tridimensional todos los colores se representan dentro de un sólido cuyo eje central L* tiene un valor entre 0-100 (que va de negro a blanco). Según Toapanta (2012), la disminución de la luminosidad en bayas se relaciona directamente con el aumento del oscurecimiento enzimático, por la concentración de antocianinas, compuestos estables en medio ácido y en otros frutos alcanzan el color rojo dependiendo del pH y comúnmente unidas a un azúcar. Dichos cambios se producen durante el almacenamiento.

La disminución del valor de luminosidad luego del almacenamiento puede ocasionarse debido a la pérdida de la pruina, o capa cerosa que actúa como una protección del interior de la baya, ya que permite a la baya no perder la humedad y retardar la degradación (Mendoza, 2014).

En el Cuadro 10, se muestra la Prueba de Levene modificada para la luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$). Consecuentemente se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 10. Prueba de Levene modificada para la luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Variable	Estadístico de Levene	p
L^*	1.459	0.305

En el Cuadro 11, se muestra el análisis de varianza de la Luminosidad (L^*) para uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C.

Cuadro 11. Análisis de varianza de la luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Dosis de irradiación: A	87.178	2	43.588	715.329	0.000
Tiempo de almacenamiento: B	518.224	4	129.556	2126.116	0.000
A*B	13.575	8	1.696	27.847	0.000
Error	1.828	28	0.060		
Total	620.806	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento y la interacción presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Muñoz (2015) indicó diferencia significativa ($p < 0.05$) en la aplicación de irradiación de (2 y 4 kJ/m^2) y tiempo de almacenamiento por 12 días a 5 °C sobre la luminosidad en fresas.

Gallardo (2013) demostró que existió diferencia significativa ($p < 0.05$) en la aplicación de irradiación UV-C (1, 3 y 5 kJ/m^2) en bayas de arándano y tiempo de almacenamiento por 9 días a 4 °C sobre la luminosidad.

En el Cuadro 12, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan que nos permitió determinar el mejor tratamiento en cuanto a la Luminosidad (L^*). Se puede observar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 8 se observa que los tratamientos de 4 y 7 kJ/m^2 son estadísticamente iguales, presentando mayor retención de Luminosidad (L^*) con 25.14 y 24.36, respectivamente, a los 28 días de almacenamiento.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para la luminosidad (L^*) en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

[illegible]

En la Figura 7, se presenta el comportamiento de la cromaticidad a^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo del almacenamiento. Se puede observar que el valor de a^* fue aumentando en la uva para todos los tratamientos a medida que transcurrieron los días de almacenamiento.

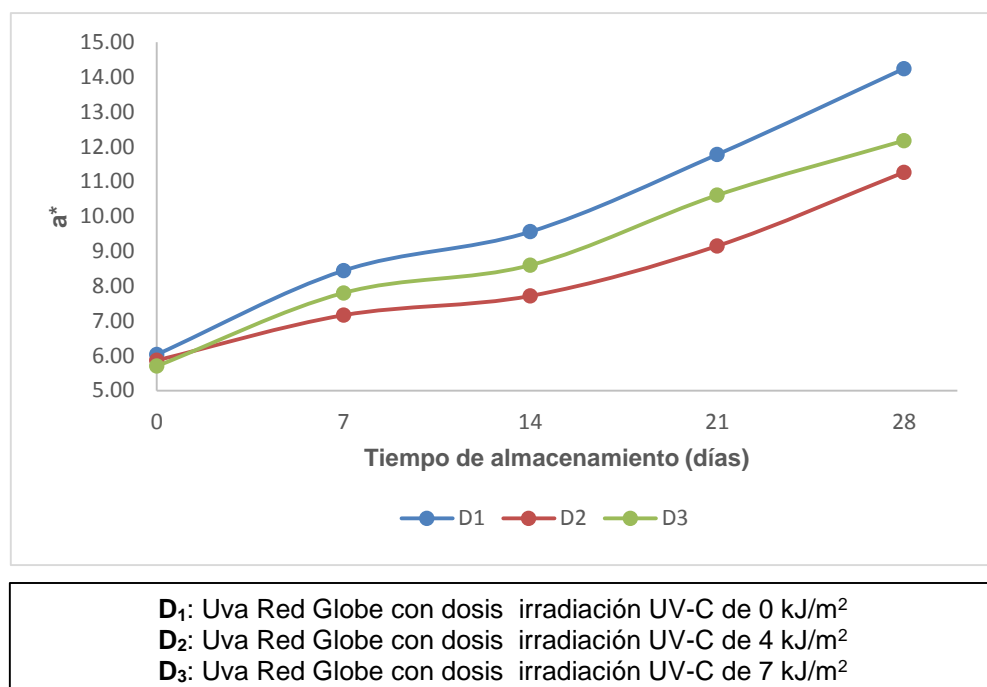


Figura 7. Cromaticidad a^* en uva irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento

La uva variedad Red Globe almacenadas a 1 °C durante 28 días de almacenamiento, presentaron valores a^* de 11.27 y 12.18 para las uvas irradiadas con 4 y 7 kJ/m², respectivamente. El tratamiento control presentó mayor valor de a^* 14.24. Los resultados experimentales de a^* durante el almacenamiento se encuentran en el Anexo 5.

Los valores positivos de a^* indican que la fruta presenta una tonalidad rojiza, el aumento en este valor refleja una mayor intensidad en la tonalidad de la piel. Los valores de a^* fueron aumentando, lo cual produce un oscurecimiento de la superficie de las fruta, debido al incremento de la concentración de antocianinas totales y la pérdida de agua en el transcurso de los días de almacenamiento, debido a cambios de la piel que se vuelven menos cromático y la pérdida de color verde, hasta llegar la senescencia. La pérdida del color verde es consecuencia de la degradación de clorofila, donde las causas primordiales de esta degradación son los cambios de pH, la acción de algunas enzimas como las clorofilasas y la acción del etileno, lo cual estimula la pérdida de la clorofila; mediante su acción oxidante (Valdiviezo, 2016).

El incremento del color puede relacionarse con el avance del proceso de maduración y la acumulación de las antocianinas; por lo que, las uvas tienden hacia tonalidades rojizas más oscuras, que caracterizan el descenso de la luminosidad y aumento de la intensidad del color (Márquez y Pretell, 2013).

En el Cuadro 13, se muestra la Prueba de Levene modificada para la cromaticidad a^* en uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$). Consecuentemente se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para cromaticidad a* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Variable	Estadístico de Levene	p
Cromaticidad a*	0.597	0.580

En el Cuadro 14, se muestra el análisis de varianza de cromaticidad a* para uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C.

Cuadro 14. Análisis de varianza de cromaticidad a* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Dosis de irradiación: A	23.935	2	11.967	409.735	0.000
Tiempo de almacenamiento: B	237.050	4	59.262	2029.006	0.000
A*B	8.141	8	1.018	0.559	0.000
Error	0.818	28	0.029		
Total	269.977	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento y la interacción presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la cromaticidad a*.

En el Cuadro 15, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan que nos permitió determinar el mejor tratamiento en la cromaticidad a^* . Se puede observar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 6 se observa que el tratamiento con 4 kJ/m² presentó menor variación en la cromaticidad a^* con 11.27 a los 28 días de almacenamiento y el tratamiento con 0 kJ/m² presentó 11.78 a los 21 días de almacenamiento.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para cromaticidad a* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

[illegible]

En la Figura 8, se presenta el comportamiento de la cromaticidad b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C en función del tiempo del almacenamiento.

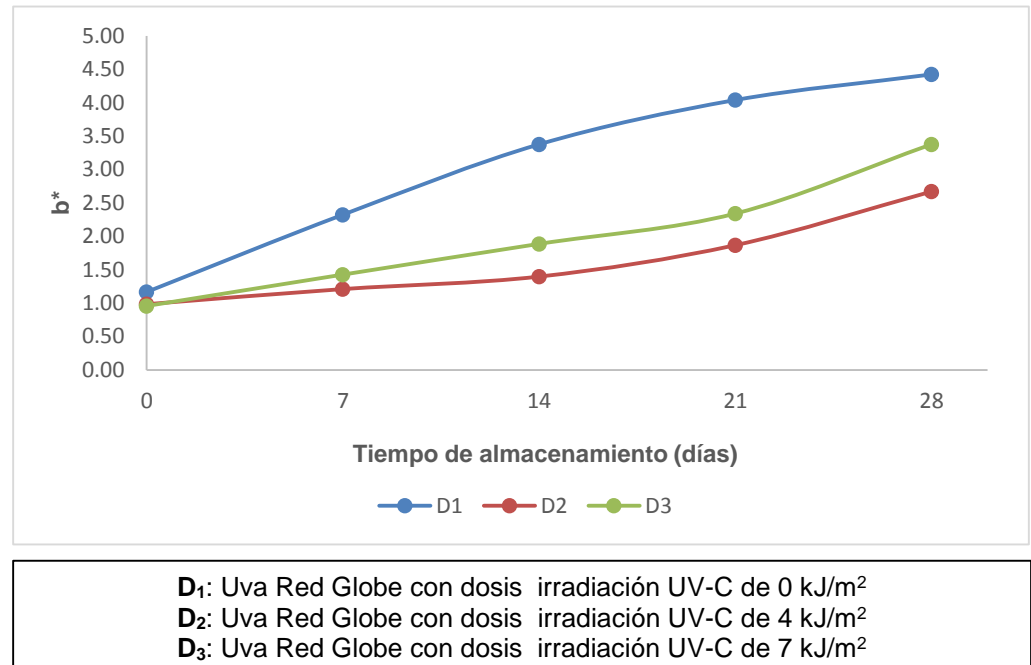


Figura 8. Valores de b^* en uva irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento

En la uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C conforme transcurrieron los días de almacenamiento la cromaticidad b^* aumentaron en muestras tratadas y de control. Las muestras irradiadas de 4 y 7 kJ/m² presentaron valores de 2.67 y 3.37, respectivamente. En cambio la muestra control presentó valor de 4.42 en 28 días de almacenamiento. En el día inicial las muestras tratadas (4 y 7 kJ/m²) presentaron 0.98 y 0.96, respectivamente, mientras que la muestra control presentó 1.17 sobre la cromaticidad

b*. Los resultados de valor de b* durante el almacenamiento se encuentran en el Anexo 6.

Los valores positivos de b* indican que la fruta pasa de una tonalidad rojiza-violeta hasta tonalidades ligeramente más claras rosada-rojiza.

En el Cuadro 16, se muestra la Prueba de Levene modificada para la cromaticidad b* en uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C.

Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para la cromaticidad b* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Variable	Estadístico de Levene	p
Cromaticidad b*	0.453	0.656

La Prueba de Levene modificada determinó la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$). Consecuentemente se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

En el Cuadro 17, se muestra el análisis de varianza de la cromaticidad b* para uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C.

Cuadro 17. Análisis de varianza de la cromaticidad b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Dosis de irradiación: A	16.779	2	8.389	397.666	0.000
Tiempo de almacenamiento: B	32.545	4	8.136	385.652	0.000
A*B	4.276	8	0.534	25.335	0.000
Error	0.632	28	0.021		
Total	54.234	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento y la interacción presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre b^* .

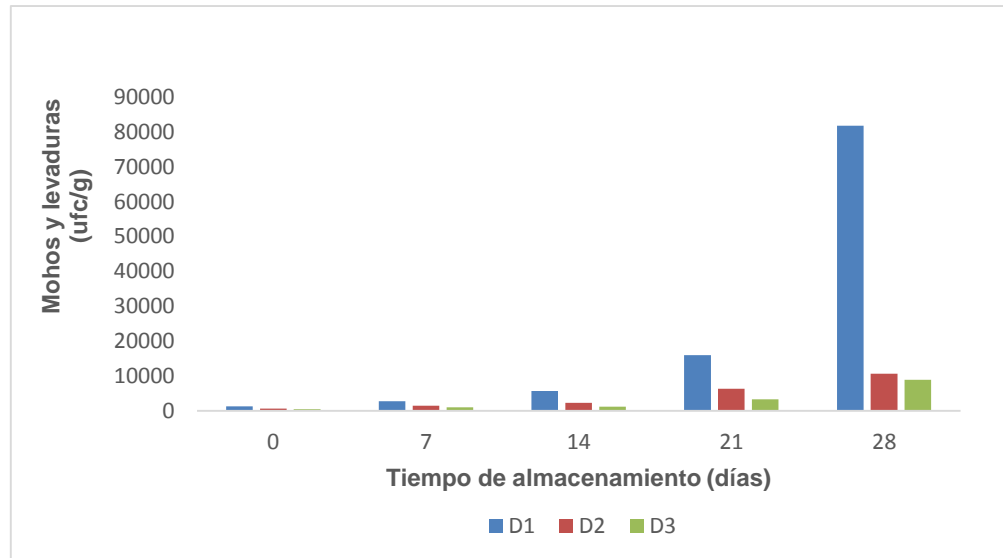
En el Cuadro 18, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan aplicada a la cromaticidad b^* en uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C. A partir de esta prueba se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos. En el subgrupo 4 se encuentra el tratamiento con 4 kJ/m² que presentó la menor variación en la cromaticidad b^* con 2.67 a los 28 días de almacenamiento, el tratamiento con 7 kJ/m² presentó 2.34 a los 21 días de almacenamiento y con 0 kJ/m² presentó 2.32 a los 7 días de almacenamiento.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para la cromaticidad b* en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Tiempo de almacenamiento (días)	Dosis de irradiación UV-C	Subgrupo						
		1	2	3	4	5	6	7
0	7 kJ/m ²	0.96						
0	4 kJ/m ²	0.98						
0	0 kJ/m ²		1.17					
7	4 kJ/m ²		1.21					
14	4 kJ/m ²		1.40					
7	7 kJ/m ²		1.43					
21	4 kJ/m ²			1.87				
14	7 kJ/m ²			1.89				
7	0 kJ/m ²				2.32			
21	7 kJ/m ²				2.34			
28	4 kJ/m ²				2.67			
28	7 kJ/m ²					3.37		
14	0 kJ/m ²					3.38		
21	0 kJ/m ²						4.04	
28	0 kJ/m ²							4.42

4.4. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe

En la Figura 9, se muestra el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C, se puede observar que esta fue incrementando a medida que transcurrieron los días de almacenamiento para todos los tratamientos.



D₁: Uva Red Globe con dosis irradiación UV-C de 0 kJ/m²
D₂: Uva Red Globe con dosis irradiación UV-C de 4 kJ/m²
D₃: Uva Red Globe con dosis irradiación UV-C de 7 kJ/m²

Figura 9. Recuento de mohos y levaduras en uva irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento

Desde el inicio el recuento de mohos y levaduras para la muestra control fue superior a los presentados en la uva variedad Red globe tratadas con irradiación UV-C, notándose la acción antibacteriana de este tratamiento físico donde el recuento disminuyó con el incremento de la dosis. La muestra control 0 kJ/m² (D₁) al final del almacenamiento presentó los mayores valores con 8.1×10^4 ufc/g, en comparación, con la muestras irradiadas que mostraron recuentos de 1.0×10^4 ufc/g y 0.8×10^4 ufc/g, para 4 kJ/m² (D₂) y 7 kJ/m² (D₃), respectivamente. Los resultados del recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento se observan en el Anexo 7.

Los recuentos de mohos y levaduras en todas las muestras analizadas, se encontraron por debajo del límite máximo permisible 10^6 ufc/g, recomendado por la norma sanitaria de criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas, establecida por el Ministerio de Salud (MINSA, 2015).

La irradiación UV-C es una tecnología alternativa a la esterilización química, utilizada para reducir el crecimiento de microorganismos en alimentos. Se conoce que el mecanismo directo de acción de la irradiación UV-C en la inactivación microbiana reside en el daño que causa el ADN y generan así mutaciones que bloquean la replicación celular, la cual si no es reparada conduce a la muerte celular (Millán y otros, 2015).

El hongo *Botrytis cinérea* es el más severo de los ataques que presentan las uvas. La mayoría de los frutos recién recolectados son resistentes a contaminaciones fúngicas, pero durante su maduración y postcosecha se vuelven más susceptibles a infecciones. Esto

debido a que *Botrytis* es capaz de mantenerse quieta en la base del receptáculo, manifestándose en forma de podredumbre cuando el fruto alcanza su madurez. La aplicación de tratamientos con radiación UV-C permiten retrasar la germinación de esporas fúngicas y con ello reducir la patogenicidad de los microorganismos (Andrade-Cuvi y otros, 2013).

Guijarro (2012) reportó que en aguaymanto tratada con irradiación UV-C (8 y 12 kJ/m²) almacenadas durante 28 días a 6 °C presentaron menor incremento de recuento de mohos y levaduras (5.1 y 4.9 x 10⁴ ufc/g), respectivamente, en comparación, con la muestra control que presentó 6.8 x 10⁴ ufc/g. El uso de la irradiación UV-C como tratamiento postcosecha se basa en el efecto hormético que induce la resistencia del tejido contra fitopatógenos y se relaciona con la síntesis de fitoalexinas o poliaminas.

Muñoz (2015), reportó que en fresas irradiadas con UV-C (2 y 4 kJ/m²) almacenadas por 12 días, presentaron un menor incremento en el recuento de mohos y levaduras (2.26 y 1.58 x 10⁴ ufc/g), respectivamente, en comparación, con la muestra control que presentó 5.38 x 10⁴ ufc/g.

La utilización de UV-C en uvas a dosis bajas (0.12 - 4 kJ/m²) permite inducir factores de defensa tipo fitoalexinas que incrementan la resistencia de la baya a invasiones fúngicas como *Botrytis cinérea*. Morata (2010) demostró que irradiando uvas de mesa con UV-C con dosis de 0.12-0.5 kJ/m² y posteriormente inoculado con *Botrytis cinérea* se puede reducir el número de lesiones y disminuir la cantidad de bayas afectadas por esta podredumbre.

Mendoza (2014), evaluó el efecto de irradiación UV-C en bayas de arándano y almacenadas por 30 días a 1 °C, reportándose que la dosis de 2 y 4 kJ/m² presentaron la menor población de mohos y levaduras (1.87 y 1.83 x 10⁴ ufc/g), respectivamente, en comparación, con la muestra control cuyo valor fue 2.19 x 10⁴ ufc/g.

El modo de acción del UV-C sobre los microorganismos incluye un efecto directo e indirecto a través de la modificación del metabolismo de los tejidos irradiados. El efecto directo es debido a la absorción de la radiación por los microorganismos que se encuentran en la superficie del producto, asociado a diferentes niveles de daño en sus ácidos nucleicos, membranas. En cambio, el efecto indirecto se debe a un conjunto de modificaciones provocadas en el metabolismo del fruto irradiado que conducen a una mayor resistencia de los mismos contra diversos patógenos (Armas, 2013).

En el Cuadro 19, se muestra la Prueba de Levene modificada para el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$). Consecuentemente se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar de esta forma el mejor tratamiento.

Cuadro 19. Prueba de Levene modificada para el recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Variable	Estadístico de Levene	p
Mohos y levaduras (ufc/g)	1.255	0.350

En el Cuadro 20, se muestra el análisis de varianza de recuento de mohos y levaduras para uva variedad Red Globe irradiadas con UV-C.

Cuadro 20. Análisis de varianza del recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Dosis de irradiación: A	5.05E+09	2	2.52E+09	22.723	0.000
Tiempo de almacenamiento: B	1.06E+10	4	2.66 E+09	23.983	0.000
A*B	1.32E+10	8	1.66 E+09	14.942	0.000
Error	3.33E+09	30	1.11 E+08		
Total	3.23E+10	44			

El análisis de varianza muestra que la dosis de irradiación, tiempo de almacenamiento y la interacción presentaron efecto significativo ($p < 0.05$).

Guijarro (2012) encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en frutos control respecto a los tratados con (8 y 12 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento evaluado 28 días a 6 °C, sobre el recuento de mohos y levaduras en aguaymanto.

Muñoz (2015) determinó efecto significativo ($p < 0.05$) en la aplicación de irradiación UV-C (2 y 4 kJ/m²) y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de mohos y levaduras en fresas almacenadas a 5 °C durante 12 días de almacenamiento.

En el Cuadro 21, se muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan que nos permitió determinar el mejor tratamiento en cuanto al recuento de mohos y levaduras. Se puede observar que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 5 se observa que el tratamiento 7 kJ/m² presentó el menor recuento a los 28 días de almacenamiento.

4.5. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe

En la Figura 10, se puede observar que los diferentes tratamientos tuvieron una aceptación similar desde el inicio del almacenamiento hasta el día 7 con una percepción de “Me gusta ligeramente”. Sin embargo, al final del almacenamiento la aceptabilidad fue mayor para las muestras irradiadas almacenadas a 1 °C, con un valor promedio de 8 puntos para ambos tratamientos con dosis de 4 y 7 kJ/m² con una percepción de “Me gusta mucho”.

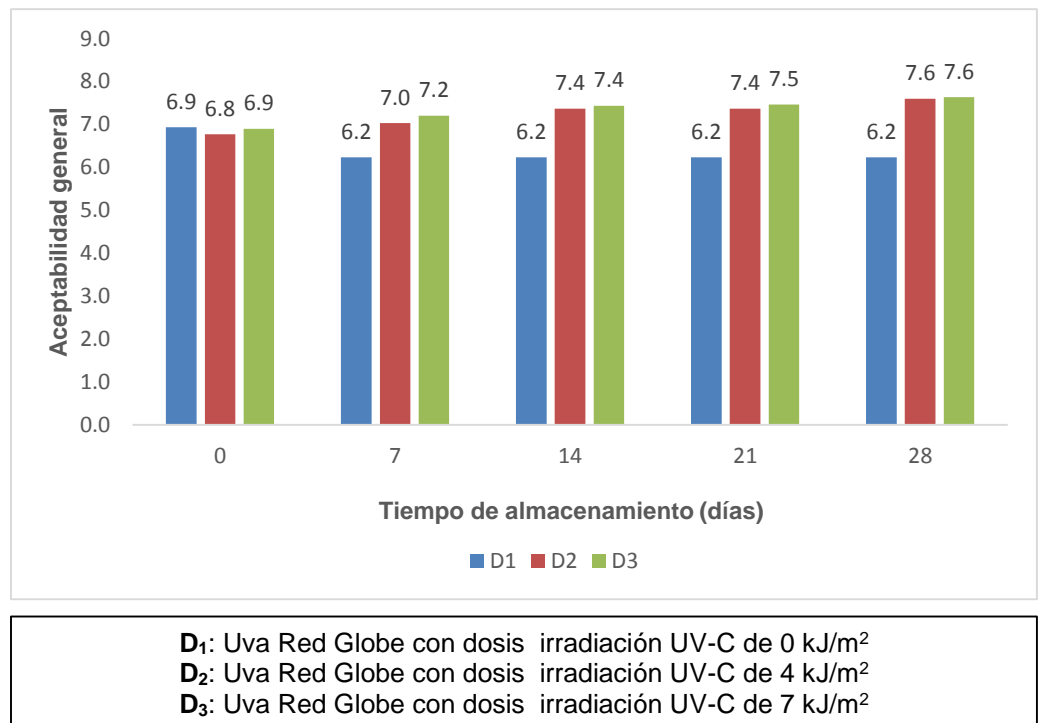


Figura 10. Aceptabilidad general en uva irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento.

Según las apreciaciones de los panelistas indicadas en el cartilla de evaluación, en los días 0 y 7 de almacenamiento; se observó una tendencia decreciente, mientras que en los días 14 al 28 se mantiene la tendencia en las muestras sin tratamiento valores que pueden ser observados en la Figura 10, mientras que en las muestras con tratamiento (4 y 7 kJ/m²) se observó que los valores muestran tendencia a incrementar en los días 0 al 28. Los panelistas percibieron en todas las muestras un sabor dulce característico de la uva, como también una firmeza táctil rígida; caso contrario en los últimos días de almacenamiento, en donde claramente el día 28, las muestras con mayor aceptación fueron las irradiadas a 4 y 7 kJ/m² almacenadas a 1 °C, donde se percibió un sabor más dulce y mayor firmeza. Con una percepción “Me gusta mucho”, lo que corresponde una puntuación de 8 y un rango promedio de 2.43. En cambio en la muestra control los panelistas percibieron en los frutos firmeza semi-blanda, presentando percepciones de “Me gusta ligeramente” lo que corresponde una puntuación de 6. En el Anexo 8, se muestran los resultados de la evaluación de aceptabilidad general.

Mendoza (2014) observó en bayas de arándano irradiadas con luz UV-C (2 y 4 kJ/m²) que en los días 21 y 30 existió una disminución en la aceptabilidad general, siendo la muestra con mayor aceptación aquella con irradiación de 4 kJ/m² donde se percibió de mejor manera el sabor agrídulce del fruto, con una percepción de me gusta ligeramente y un rango promedio de 2.08.

Los factores de calidad en relación con la apariencia incluyen el tamaño, forma, color, brillo y ausencia de defectos y podredumbres. Los consumidores consideran como fruta de buena calidad las que tiene buen aspecto, firmeza y ofrece un buen sabor y valor nutritivo (Rodoni, 2014).

Los tratamientos con UV-C tienen un efecto leve sobre el desarrollo del contenido de ácidos y azúcares que ocurre normalmente durante la maduración o almacenamiento postcosecha, lo cual sugiere que el tratamiento con UV-C provocaría un retraso de la maduración y senescencia del fruto, por ende en los frutos irradiados con UV-C podrían tener una mayor aceptabilidad por los consumidores (Cote, 2011). También podemos mencionar que la pérdida de peso del fruto produce un ligero incremento de los sólidos solubles en el tiempo de almacenamiento, lo cual podría explicar la tendencia de los resultados mostrados.

En el Cuadro 22, se presenta los resultados de la prueba de Friedman para la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe en función de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento, denotándose que existió efecto significativo ($p < 0.05$) en los días 7, 14, 21 y 28 de almacenamiento.

Cuadro 22. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Tiempo de almacenamiento (días)	Dosis de irradiación UV-C	Rango promedio	Moda	Chi-cuadrado	p
0	0 kJ/m ²	2.20	8	2.440	0.295
	4 kJ/m ²	1.82	7		
	7 kJ/m ²	1.98	6		
7	0 kJ/m ²	1.50	6	12.811	0.002
	4 kJ/m ²	2.22	7		
	7 kJ/m ²	2.28	7		
14	0 kJ/m ²	1.27	6	27.942	0.000
	4 kJ/m ²	2.35	7		
	7 kJ/m ²	2.38	8		
21	0 kJ/m ²	1.35	7	22.155	0.000
	4 kJ/m ²	2.32	8		
	7 kJ/m ²	2.33	8		
28	0 kJ/m ²	1.17	6	35.396	0.000
	4 kJ/m ²	2.40	8		
	7 kJ/m ²	2.43	8		

En el Cuadro 23, se presenta la prueba de Wilcoxon, la cual es usada para obtener información complementaria a la prueba de Friedman donde demostró que a los 28 días de almacenamiento a 1 °C el tratamiento con 4 kJ/m² presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) con el tratamiento control y además presentó la mejor aceptabilidad general, pero no hubo diferencia con el tratamiento de 7 kJ/m².

Cuadro 23. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en uva variedad Red Globe irradiadas con luz UV-C

Tiempo de almacenamiento (días)	Dosis de irradiación UV-C		Z	p
28	0 kJ/m ²	4 kJ/m ²	-4.375	0.000
		7 kJ/m ²	-4.543	0.000
	4 kJ/m ²	7 kJ/m ²	-0.197	0.844

Herrera (2013) indicó que en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C (2 y 4 kJ/m²) para el día 30 de almacenamiento el tratamiento con mayor aceptabilidad general 2 kJ/m² fue estadísticamente diferente a la muestra control, lo cual no ocurrió con la muestra tratada con 4 kJ/m².

V. CONCLUSIONES

- Existió efecto significativo de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, color, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en uva variedad Red Globe.
- El tratamiento 4 kJ/m² presentó menor variación de cromaticidad a* y b*, mayor firmeza y menor pérdida de peso en uva variedad Red Globe durante 28 días de almacenamiento a 1 °C.
- Los tratamientos de 4 y 7 kJ/m² presentaron mayor retención de color L* en uva variedad Red Globe a los 28 días de almacenamiento.
- El tratamiento 7 kJ/m² presentó el menor recuento de mohos y levaduras a los 28 días de almacenamiento en uva variedad Red Globe.
- Los tratamientos de 4 y 7 kJ/m² presentaron mayor aceptabilidad general en uva variedad Red Globe a los 28 días de almacenamiento.
- Se seleccionó como mejor tratamiento la dosis de 4 kJ/m², durante 28 días de almacenamiento ya que permitió controlar la pérdida de peso, mantener la firmeza y retención de color.

VI. RECOMENDACIONES

- Combinar el uso de la irradiación UV-C con diferentes tecnologías de conservación postcosecha como tratamientos térmicos, químicos o atmósferas modificadas para conocer su efecto sobre las características fisicoquímicas y tiempo de vida útil.
- Evaluar el efecto de la irradiación UV-C con diferentes dosis sobre el color del raquis y tamaño de las bayas en uva, en función del tiempo de almacenamiento.
- Evaluar el efecto de la irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento en el contenido de antocianinas, flavonoides totales y actividad antioxidante en uva.

VII. BIBLIOGRAFIA

Almanza, M., P. 2011. Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis vinífera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Andrade-Cuvi, M.; Moreno-Guerrero, C.; Concellón, A. y Chicaiza-Velez, B. 2013. Efecto hormético de la radiación UV-C sobre el desarrollo de *Rhizopus* y *Phytophthora* en naranjilla (*Solanum quitoense*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha (Redalyc). México.

Andrade-Cuvi, M., Moreno-Guerrero, C., Henríquez-Bucheli, A., Gómez-Gordillo, A. y Concellón, A. 2010. Influencia de la radiación uv-c como tratamiento postcosecha sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Vol. 11, pág.: 18-27.

Andrade, M. y Moreno, C. 2012. Influencia del tratamiento UV-C sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador.

ANMAT, 2014. Análisis Microbiológico de los Alimentos. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Ministeria de Salud.

Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Allende, A., McEvoy, J., Luo, Y., Artés, F., Wang, C. (2006). Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed „Red Oak Leaf“ lettuce. Food Microbiol. Vol.23, pág. 241–249.

Armas, A., C. 2013. Variación de índices de calidad de mortiño (*Vaccinium floribundum*) y uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) tratados con radiación UV-C. Tesis para obtener título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador.

Arroyo-Almeida, D, F. 2010. Estudio del uso combinado de radiación UV-C y empacado al vacío para aumentar la vida poscosecha de carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada. Tesis (en prensa). Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito – Ecuador.

Artés, H., F. 2004. Innovaciones en la conservación frigorífica de uva de mesa apirena y convencional. Alternativas al empleo de dióxido de azufre. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena.

Artés-Hernández F, Robles P, Gómez P, Tomás-Callejas A. y Artés F. 2010. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 55, pág. 114 – 120.

Artés-Hernández, F.; Rodríguez-Hidalgo, S. y Artés, F. 2011. Establecimiento de la vida comercial en uva “Crimson seedless” mínimamente procesada con distintos lavados. Universidad Politécnica de Cartagena. España.

Baka, M.; Mercier, J.; Corcuff, F.; Castaigne, F. y Arul, J. (2000). Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. *J. Food Sci.* Vol. 68, pág. 1068-1072.

Beltrán, A., A. 2010. Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

Beltrán A., Ramos N. y Alvarez M. 2010. Estudio de la vida útil de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamiento con radiación ultravioleta de onda corta UV-C. Revista Tecnológica ESPOL. Vol. 23, pág. 17-24.

Brayovic, M.; Callejas, R.; Peppi, C. y Kania, E. 2011. Categorías de firmeza de bayas en diferentes variedades de uva de mesa (*Vitis vinífera* L.) Revista Fca. Uncuyo, Vol. 43, pp: 127-141. Chile.

Camacho, A.; Giles, M.; Ortigón, A.; Palao, L.; Serrano, B. y Velásquez, O. 2009. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2da Edición. Facultad de Química, UNAM. México DF, México.

Cammarata, E., G. 2010. Conservación de alimentos por irradiación. Universidad de Belgrano. Argentina.

Carpenter, R.; Lyon, D. y Hasdell, T. 2002. Análisis Sensorial. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Conti, P. 2010. Revelamiento de potenciales clientes finales alternativos a Expofrut del producto uvas de mesa Black Seedless, Imperial Seedless, Red Globe y Flame Seedles, para una Pyme radicada en San Juan y exportarlas a aquellos destinos en donde se localicen los potenciales clientes. Trabajo para la obtención del grado de Magister en Marketing Internacional de la Escuela de Postgrado de Marketing Internacional. Universidad Nacional de La Plata. Ecuador.

Cote, D., S. 2011. Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Crisosto, C.; Mitcham, E. y Kader, A. 2011. Uva de mesa: Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. España.

Crupi, P.; Pichierri, A.; Basile, T. y Antonacci, D. 2013. Postharvest stilbenes and flavonoids enrichment of table grape cv Redglobe (*Vitis vinifera* L.) as affected by interactive UV-C exposure and storage conditions. Journal of Food Chemistry, Vol. 141, pp: 802-808.

CSIC, 2011. Curso de análisis sensorial de alimentos. Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL). Instituto Mixto CSIC-UAM.

Cueva, M. 2010. Efecto de la radiación uv-c sobre el tiempo de vida útil de mora (*rubus glaucus benth*). Tesis para la obtención del título de Ingeniera de alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, carrera de Ingeniería de Alimentos. Quito-Ecuador.

De la Cruz; R.; A. 2011. Uso combinado de la radiación UV-C y almacenamiento refrigerado sobre el tiempo de vida útil de mortiño (*Vaccinium floribundum*). Tesis para la obtención de Título de Ingeniera de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

Dole (2016). Norma de calidad de uvas. Dole Chile S.A. Chile.

Domínguez, L. 2011. Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Alimentos Argentinos.

Encarna, A., V.; Escalona, G., P.; Artés, H., F. y Artés, C., F. 2007. Técnicas emergentes y sostenibles para la desinfección de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Universidad Politécnica de Cartagena. España.

Fava, J. 2012. Anatomía aplicada al diseño de tecnologías de procesamiento mínimo en frutos (bayas de *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae), *Solanum lycopersicum* L. var. Cerasiforme (Solanaceae) y *Vitis labrusca* L. (Vitaceae). Universidad de Buenos Aires. Argentina.

FDA (Food and Drug Administration). 2013. Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. Food and Drug Administration. Electronic Code of Federal Regulations (CFR), USA. Disponible en línea en:

http://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?SID=13e5fb3cd24c76566b0615ec4109fc2c&node=se21.3.179_139&rgn=div8.

Gallardo, S., A. 2013. Uso de la luz UV-C en la calidad del arándano azul (*Vaccinium ashei* Reade). Institución de enseñanza e investigación en Ciencia Agrícolas. México.

González-Barrio, R.; Salmenkallio-Marttila, M.; Tomas-Barberan, F.; Cantos, E. y Espín, J. 2005. Etiology of UV-C induced browning in var. Superior White table grapes. Journal Agric. Food Chemistry, Vol. 53, pp: 5990-5996

Guijarro, J., E. 2012. Influencia de la radiación UV-C sobre el tiempo de vida útil en uvilla (*Physalis peruviana* L.) sin capuchón. Tesis para obtención de Título de Ingeniera de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

Hernández-Muñoz, P.; Almenar, E.; Del Valle, V.; Velez, D. y Gavara, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry, Vol. 110, pág. 428–435.

Herrera, M., V. 2013. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de bayas de sauco (*Sambucus peruvianus* L.). Tesis para obtención de Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.

Huera, A., N. 2014. Efecto de la radiación UV-C sobre el tiempo de vida útil de carambola (*Averrhoa carambola* L.) almacenada en refrigeración. Tesis para obtener título de Ingeniera de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador.

Hueso, M., J. 2012. Manejo y técnicas de cultivo en uva de mesa apirena. Edición Cajamar. España.

Knee, M. 2002. Bases biológicas de la calidad de la fruta. Editorial ACRIBIA, S.A. ZARAGOSA. España.

Lamikanra, O.; Kueneman, D.; Ukuku, D. y Bett-Garber, K. 2005. Effect of Processing Under Ultraviolet Light on the Shelf Life of Fresh-Cut Cantaloupe Melon. Journal of Food Science. Vol. 70, pág. 534-539.

López, LI., L. 2014. Evolución y análisis de la producción y exportación de uvas de mesa: 2000-2012. Tesis para optar el grado de Magister en Comercio Internacional y Aduanas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.

Madrid, M. 2011. Conservación de la calidad en bayas frescas después de la cosecha: El reto y las soluciones. Revista Fruit Profits. Barcelona. España.

Márquez, V., L y Pretell, V., C. 2010. Coberturas biodegradables gelatina-almidón-taray las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de uva (*Vitis vinífera* L.) Red globe, durante el

almacenamiento. Pueblo Contiente: Revista oficial de la Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú, 21 (1): 199-214.

Márquez, V., L.; Pretell, V., C. y Minchón, M., C. 2011. Efecto del tratamiento desinfectante y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de rebanadas de mango (*Mangifera indica*) Kent mínimamente procesado. Revista Pueblo Continente. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.

Márquez, V., L y Pretell, V., C. 2013. Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. Revista Scientia Agropecuaria. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Mendoza, A., C. 2014. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi. Tesis para obtención de Título de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.

Millán, V., D.; Romero, G., L.; Brito, M. y Ramos-Villarreal, A. 2015. Los ultravioleta: Inactivación microbiana en frutas. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, vol. 27, pág. 454-469. Venezuela.

MINAGRI, 2013. Valor Bruto de la Producción Agropecuaria – VBP. Perú.

MINAGRI, 2015. Informe de registro de productores de uva en las regiones de Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna y Lima provincias. Dirección de Estadística. Perú.

MINSA, 2015. Norma Resolución Ministerial N° 591-2015/MINSA. Modifican el Anexo de la R. M. N° 286-2012/MINSA. Perú.

Monteiro, M.; Sanches, J.; Scolfaro, F.; Delgado, V.; De Toledo, R.; Aparecida, E. y Cia, P. 2009. Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *colletotrichum gloeosporioides* em uva “Niagara rosada”. Instituto Agronomico, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Vol. 68, pág. 1009-1015. Bragantia.

Muñoz, G., L. 2015. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en fresas (*Fragaria Vesca* L.) envasadas. Tesis para obtención de Título de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.

Morata, B., A. 2010. Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. 2da Edición. Editorial ACRIBIA. España.

Navarro, M., D. 2013. Efecto de los tratamientos de gel de aloe, aplicados en pre o post-recolección sobre la calidad de frutos de hueso y yva de mesa. Tesis para obtener grado de doctorado. Universidad Miguel Hernández de Elche. España.

Plank, R. 2013. El empleo del frío en la Industria de la Alimentación. Editorial Reverté. España.

Pombo, M. 2010. Irradiación de frutillas con UV-C: efecto sobre la síntesis de proteínas, degradación de la pared celular y mecanismos de defensa. Trabajo de Tesis de Doctor en Biología Molecular y Biotecnología. Universidad Nacional de General San Martín, Argentina.

Pugliese, B., M. 2009. Influencia del deshoje y despunte en el desarrollo del color y otras variables de calidad en la cultivar Red Globe bajo malla antigranizo. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.

Quintero-Cerón, J.; Bohorquez-Pérez, Y.; Valenzuela-Real, C. y Solanilla-Duque, J. 2013. Avances en la aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UV-C) en frutas y vegetales enteros y mínimamente procesados. Revista Tumbaga, Vol. 8, pág. 29-60. Colombia.

Rivera-Pastrana, D.; Gardea, B., A.; Martínez-Téllez, M.; Rivera-Domínguez, M. y González-Aguilar, G. 2007. Efectos Bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). México.

Rivero, M. y Quiroga, I. 2007. Calidad durante la conservación frigorífica de uva de mesa para exportación. Congreso Iberoamericano de Tecnología postcosecha y agroexportaciones. Argentina.

Rivero, M., L. y Quiroga, M., I. 2010. El 1-MCP (Metilciclopropeno) una alternativa al uso del dióxido de azufre en conservación de uva de mesa. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha (Redalyc). México.

Rivero, M., L.; Quiroga, M., I.; Gonzalez, E., O. y Moroga, L. 2013. Postcosecha de uva de mesa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina.

Rodoni, L. 2014. Evaluación de metodología no contaminantes para mantener la calidad y extender la vida poscosecha de pimientos (*Capsicum annuum* L.) frescos cortados. Universidad Nacional de la Plata. Ecuador.

Rodríguez, S., E. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Universidad Autónoma Indígena de México. Revista Ra Ximhai, vol. (7), pág. 153-170. México.

Rojas, S., M. 2014. Irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento en características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras en Ananas comosus Var. Cayena Lisa, mínimamente procesada. Tesis para obtener el título de Ingeniera Agroindustrial, Universidad César Vallejo. Perú.

Romero, A., K. 2014. Efecto del uso combinado de la radiación UV-C y atmósfera modificada sobre el contenido de compuestos antioxidantes en mora de castilla (/Rubus glaucus) sin espinas almacenada en refrigeración. Tesis para obtener título de Ingeniera de Alimentos. Ecuador.

Sandoval G, 2013. Uso de luz UV-C en la calidad del arándano azul (Vaccinium ashei Reade). Zacatlán, Puebla, México.

Toapanta, C., S. 2012. Cambios en la capacidad antioxidante durante el almacenamiento refrigerado de uvilla (*Physalis peruviana* L.) orgánica sin capuchón tratada con radiación UV-C. Tesis para obtención de Título de Ingeniera de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.

Valdiviezo, S., B. 2016. Efecto de la dosis de ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en racimos de uva (*Vitis vinífera* L.) variedad Red Globe. Tesis para obtener título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.

Valverde, V., J. 2005. Nuevas tecnologías no contaminantes para preservar la calidad de la uva de mesa durante su conservación post-recolección. Universidad Miguel Hernández de Elche. España.

Vandeperre, D. 2011. Efecto de la aplicación de tidiázurón sobre la calidad y el tamaño de bayas en uva de mesa variedad Red Globe. Tesis para la obtención de Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Chile.

Villalobos, R., H. 2013. Efecto de la dosis de irradiación UV-C, temperatura y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de rebanadas de carambola (*Averrhoa carambola* L.), variedad Golden star mínimamente procesadas. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Método para obtener los tiempos de exposición de cada dosis de irradiación UV-C

Si

$$D = I \cdot t$$

$$I = A/B$$

Entonces

$$D = A/B \cdot t$$

$$t = B/A \cdot D$$

Donde:

D: Dosis de irradiación aplicada (kJ/m²)

I: Intensidad de irradiación bajo el área de emisión de luz UV-C (Kw/m²)

t: Tiempo de exposición (s)

A: Área de emisión de luz UV-C (m²)

B: Intensidad (kJ/s)

Cálculos:

Área de exposición (A)

$$28 \text{ cm} * 93 \text{ cm} = 2604 \text{ cm}^2$$

$$2604 \text{ cm}^2 * \frac{1}{10000} \frac{\text{m}^2}{\text{cm}^2} = 0.2604 \text{ m}^2$$

Intensidad (B)

$$40 \text{ watts} * \frac{0.001 \text{ kJ/s}}{1 \text{ w}} = 0.04 \text{ kJ/s}$$

Para dosis de irradiación de 4 kJ/m² y 7 kJ/m², el tiempo de exposición sería:

$$4 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} = \frac{0.04}{0.2604} \frac{\text{kJ} / \text{s}}{\text{m}^2} * t$$

$$t = 26 \text{ segundos} / \text{lado}$$

$$7 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} = \frac{0.04}{0.2604} \frac{\text{kJ} / \text{s}}{\text{m}^2} * t$$

$$t = 46 \text{ segundos} / \text{lado}$$

**Anexo 2. Pérdida de peso (%) en uva variedad Red Globe
con luz UV-C durante el almacenamiento**

REPETICIÓN 1

Tiempo (días)	Pérdida de peso (%)		
	D1	D2	D3
0	0.00	0.00	0.00
7	4.15	3.00	3.10
14	7.24	6.04	6.40
21	10.48	6.38	8.01
28	13.26	7.92	9.85

REPETICIÓN 2

Tiempo (días)	Pérdida de peso (%)		
	D1	D2	D3
0	0.00	0.00	0.00
7	4.00	2.74	3.21
14	7.14	6.31	6.18
21	10.67	7.00	8.20
28	13.52	8.04	9.94

REPETICIÓN 3

Tiempo (días)	Pérdida de peso (%)		
	D1	D2	D3
0	0.00	0.00	0.00
7	3.95	2.89	3.27
14	6.84	5.98	6.34
21	10.28	6.51	8.11
28	13.00	7.82	9.74

**Anexo 3. Valores de firmeza (N) en uva variedad Red Globe
con luz UV-C durante el almacenamiento**

REPETICIÓN 1

Tiempo (días)	Firmeza (N)		
	D1	D2	D3
0	4.62	4.61	4.77
7	4.15	4.53	4.47
14	3.45	4.02	3.82
21	3.08	3.53	3.25
28	2.83	3.15	3.04

REPETICIÓN 2

Tiempo (días)	Firmeza (N)		
	D1	D2	D3
0	4.60	4.72	4.70
7	4.22	4.58	4.39
14	3.71	4.17	3.93
21	3.23	3.74	3.46
28	2.77	3.26	3.10

REPETICIÓN 3

Tiempo (días)	Firmeza (N)		
	D1	D2	D3
0	4.59	4.67	4.58
7	4.19	4.50	4.37
14	3.45	4.26	3.88
21	3.16	3.62	3.32
28	2.74	3.27	3.09

**Anexo 4. Valores de luminosidad (L*) en uva variedad Red
Globe con luz UV-C durante el almacenamiento**

REPETICIÓN 1

Tiempo (días)	Luminosidad (L*)		
	D1	D2	D3
0	33.17	33.36	34.10
7	29.87	32.61	31.79
14	26.41	30.63	29.52
21	24.24	28.95	27.92
28	21.64	25.13	24.29

REPETICIÓN 2

Tiempo (días)	Luminosidad (L*)		
	D1	D2	D3
0	33.03	33.71	33.62
7	29.23	32.60	31.42
14	26.03	30.79	29.71
21	24.35	28.60	27.53
28	21.74	25.19	24.31

REPETICIÓN 3

Tiempo (días)	Luminosidad (L*)		
	D1	D2	D3
0	32.12	33.65	33.91
7	29.56	32.71	31.71
14	26.34	30.76	29.57
21	24.40	28.21	27.46
28	21.19	25.11	24.35

**Anexo 5. Valores de a^* en uva variedad Red Globe con luz
UV-C durante el almacenamiento**

REPETICIÓN 1

Tiempo (días)	a^*		
	D1	D2	D3
0	6.11	5.79	5.62
7	8.51	7.17	7.75
14	9.58	7.95	8.70
21	11.58	9.00	10.41
28	14.07	11.34	12.08

REPETICIÓN 2

Tiempo (días)	a^*		
	D1	D2	D3
0	5.97	5.82	5.86
7	8.74	7.08	7.94
14	9.48	7.62	8.75
21	11.84	9.28	10.57
28	14.39	11.07	12.23

REPETICIÓN 3

Tiempo (días)	a^*		
	D1	D2	D3
0	6.02	5.99	5.62
7	8.08	7.24	7.72
14	8.62	7.58	8.35
21	9.91	9.17	10.25
28	14.27	11.39	12.22

**Anexo 6. Valores de b^* en uva variedad Red Globe con luz
UV-C durante el almacenamiento**

REPETICIÓN 1

Tiempo (días)	b^*		
	D1	D2	D3
0	1.05	0.99	0.82
7	2.42	1.16	1.27
14	3.51	1.41	1.83
21	4.04	1.91	2.37
28	4.45	2.70	3.49

REPETICIÓN 2

Tiempo (días)	b^*		
	D1	D2	D3
0	1.50	0.88	1.02
7	2.37	1.26	1.56
14	3.21	1.39	1.87
21	3.95	1.84	2.24
28	4.57	2.37	3.26

REPETICIÓN 3

Tiempo (días)	b^*		
	D1	D2	D3
0	0.95	1.08	1.03
7	2.18	1.21	1.45
14	3.41	1.39	1.96
21	4.13	1.85	2.41
28	4.25	2.94	3.38

Anexo 7. Recuento de mohos y levaduras en uva variedad Red Globe con luz UV-C durante el almacenamiento

REPETICIÓN 1

Tiempo (días)	Mohos y levaduras (ufc/g)		
	D1	D2	D3
0	1300	700	500
7	2300	1500	1000
14	4800	2100	1000
21	15800	6800	2300
28	84200	10500	8600

REPETICIÓN 2

Tiempo (días)	Mohos y levaduras (ufc/g)		
	D1	D2	D3
0	1500	500	400
7	2800	1200	1100
14	5700	1700	1400
21	17200	4500	3400
28	151700	11500	9500

REPETICIÓN 3

Tiempo (días)	Mohos y levaduras (ufc/g)		
	D1	D2	D3
0	1100	700	400
7	3100	1800	1000
14	6500	3200	1200
21	15000	7700	4400
28	78400	9900	8700

**Anexo 8. Evaluación de aceptabilidad general en uva
variedad Red Globe con luz UV-C durante el
almacenamiento (Día 0)**

Jueces	D1	D2	D3
Día 0	206	357	836
1	3	6	4
2	8	7	6
3	6	7	8
4	6	8	5
5	5	7	9
6	8	7	6
7	7	5	6
8	6	5	8
9	9	6	8
10	6	8	8
11	8	7	9
12	6	8	9
13	5	9	5
14	7	6	6
15	7	6	7
16	6	8	7
17	6	7	8
18	8	6	6
19	7	5	6
20	8	7	6
21	7	5	6
22	8	8	7
23	8	7	8
24	9	7	8
25	7	5	6
26	8	8	6
27	9	7	8
28	8	8	7
29	6	7	6
30	6	6	8
TOTAL	208	203	207
PROMEDIO	6.9	6.8	6.9

**Anexo 9. Evaluación de aceptabilidad general en uva
variedad Red Globe con luz UV-C durante el
almacenamiento (Día 7)**

Jueces	D1	D2	D3
Día 7	206	357	836
1	6	7	8
2	7	7	8
3	6	7	9
4	8	6	7
5	6	7	8
6	6	7	7
7	8	7	8
8	5	8	7
9	6	6	7
10	5	7	8
11	7	7	6
12	8	6	9
13	6	5	7
14	7	7	6
15	5	6	8
16	7	8	8
17	6	5	7
18	6	7	6
19	5	6	7
20	7	8	6
21	5	7	7
22	6	8	7
23	7	8	6
24	7	9	8
25	5	7	7
26	6	8	6
27	7	7	6
28	6	7	7
29	6	8	7
30	5	8	8
TOTAL	187	211	216
PROMEDIO	6.2	7.0	7.2

**Anexo 10. Evaluación de aceptabilidad general en uva
variedad Red Globe con luz UV-C durante el
almacenamiento (Día 14)**

Jueces	D1	D2	D3
Día 14	206	357	836
1	5	9	7
2	7	8	7
3	7	7	6
4	6	8	7
5	6	7	7
6	7	8	7
7	8	6	8
8	7	8	8
9	6	6	8
10	5	7	6
11	6	7	7
12	7	7	8
13	8	9	8
14	6	8	7
15	5	7	8
16	5	7	7
17	6	7	8
18	5	7	7
19	6	6	7
20	5	6	6
21	7	8	7
22	7	9	8
23	6	7	8
24	7	7	8
25	5	7	8
26	6	7	8
27	7	6	8
28	6	9	8
29	7	9	8
30	6	7	8
TOTAL	187	221	223
PROMEDIO	6.2	7.4	7.4

**Anexo 11. Evaluación de aceptabilidad general en uva
variedad Red Globe con luz UV-C durante el
almacenamiento (Día 21)**

Jueces	D1	D2	D3
Día 21	206	357	836
1	5	7	8
2	6	7	7
3	5	8	7
4	7	7	6
5	7	7	8
6	5	6	7
7	7	7	6
8	6	8	7
9	6	8	8
10	7	8	8
11	7	6	6
12	5	7	8
13	7	8	6
14	7	8	9
15	7	8	7
16	6	7	9
17	7	8	8
18	7	6	7
19	5	7	7
20	6	7	8
21	5	6	6
22	6	9	8
23	7	8	8
24	6	8	9
25	6	7	7
26	8	8	7
27	7	8	7
28	6	8	8
29	5	7	8
30	6	7	9
TOTAL	187	221	224
PROMEDIO	6.2	7.4	7.5

**Anexo 12. Evaluación de aceptabilidad general en uva
variedad Red Globe con luz UV-C durante el
almacenamiento (Día 28)**

Jueces	D1	D2	D3
Día 28	206	357	836
1	6	7	7
2	5	6	7
3	7	6	6
4	5	7	8
5	7	8	9
6	7	8	8
7	6	7	6
8	6	8	8
9	7	9	8
10	5	7	7
11	6	8	7
12	7	8	8
13	7	6	8
14	5	8	7
15	6	7	8
16	5	8	9
17	7	8	8
18	6	6	8
19	7	9	8
20	5	8	9
21	6	7	7
22	5	9	8
23	6	6	8
24	5	9	7
25	7	8	8
26	6	8	7
27	7	8	7
28	6	9	7
29	6	8	8
30	5	7	8
TOTAL	181	228	229
PROMEDIO	6.0	7.6	7.6

**Anexo 13. Proceso de elaboración de uva variedad Red
Globe irradiadas con luz UV-C**



Recepción de materia
prima



Selección/clasificación



Envasado/pesado



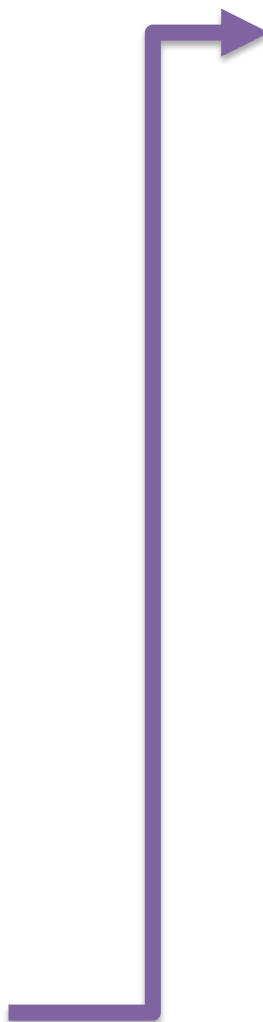
Tratamiento con irradiación
UV-C



Cerrado



Almacenado



Anexo 14. Tabla de color para la clasificación de uva.

Tabla de color en variedades Verdes:



Tabla de color en Red Globe:



Fuente: Dole Chile S.A. Norma de Calidad de uvas (2016).

